

UNIVERSIDAD DE GRANADA



Programa de Expresión Gráfica, Cartografía y Proyecto Urbano

EL PESO VISUAL Y EL EQUILIBRIO DE LA IMAGEN

APLICACIÓN EN EL ANÁLISIS DE LA APARIENCIA DE IMÁGENES DE ESCENAS ARQUITECTÓNICAS EN
LA CIUDAD DE GRANADA

Raúl Parada Castellano

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales

Autor: Raúl Parada Castellano

ISBN: 978-84-9125-717-2

URI: <http://hdl.handle.net/10481/43791>

El doctorando Raúl Parada Castellano y los directores de la tesis Joaquín Casado De Amezúa Vázquez y Fernanda García Gil, garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Director/es de la Tesis

Doctorando

Fdo.:

Fdo.:

AGRADECIMIENTOS:

En un primer lugar, quiero realizar un agradecimiento especial a mi director de tesis Don Joaquín Casado De Amezúa Vázquez, ya que sin él, esta tesis no existiría. El profesor Joaquín fue la persona que me mostro y me inicio en los conceptos relativos al peso visual, de igual forma fue quien me hizo ver las posibilidades que tenía en torno al equilibrio de cualquier composición formal. Él fue quien me enseñó el método que había desarrollado y la forma en la que lo había puesto en práctica al analizar la obra del arquitecto granadino José Jiménez Jimena (*JJJ*). Por lo tanto, esta tesis, solo puede entenderse como una colaboración y continuación a sus investigaciones en torno al equilibrio y el peso visual. Con Joaquín realice mi primer análisis de un libro mediante fichas de investigación, en concreto el libro era *Arte y percepción visual* de Rudolf Arnheim, el cual, curiosamente, dedica su primer capítulo a mostrar cómo actúa el equilibrio y el peso visual de una composición. También quiero agradecer a Joaquín su amabilidad, predisposición y el cariño que me ha mostrado en toda ocasión desde que lo conozco. Para mí siempre ha sido un placer, escuchar cualquiera de sus charlas donde de forma amena y magistral derrama conocimiento y sabiduría.

También, quiero expresar mis agradecimientos de forma especial a mi directora de tesis Doña Fernanda García Gil. A la profesora Fernanda la conocí a través de Joaquín, el cual acertadamente me indico que ella podría guiarme mediante una codirección por los conocimientos del color, de la apariencia y de las diferentes perspectivas epistemológicas relacionadas con la expresividad visual. De tal forma que le propuse ser su doctorando, y ella acepto amablemente. Fernanda me ha mostrado, los diferentes *sistemas de color* que existen, las investigaciones realizadas en Argentina en torno al *color, la forma y la semiótica*, especialmente los trabajos de Caivano en torno al sistema *Cesía*, la *fenomenología* de Merleau-Ponty, el *conocimiento complejo* de Edgar Morin, y otras *perspectivas culturales* como la de Junichiro Tanizaki. Por otro lado, Fernanda me dio acceso a una *carta de colores NCS*, con la que pude realizar mis primeros cálculos sobre el peso visual. De igual forma, Fernanda me ha mostrado infinidad de artistas que trabajan en torno a la apariencia desde un enfoque multidisciplinar, especialmente con el trato de la luz y su interacción con la materia.

Dentro de la disciplina académica, también quiero agradecer a la inestimable ayuda que he tenido del profesor Javier Mateos Delgado, profesor de la Universidad de Granada del departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, quien llevó a cabo la realización del *software PV*, y sus posteriores implementaciones con *Math Lab*. Además, quiero agradecer a Javier, su predisposición constante para ayudarme y orientarme, ya sea en la redacción y corrección de un artículo en inglés, o en cualquier tema relacionado con el desarrollo de la tesis, independientemente de los lazos familiares que nos unen.

Por último, quiero hacer un agradecimiento a mi familia, a mis padres, a mis hermanos, y muy especialmente a mi mujer Isabel y a mi hija Sara. A Isabel por siempre estar a mi lado, por ayudarme en todo lo que ha estado en su mano y por soportar ella sola todas las tareas familiares cuando yo he estado metido de lleno en la redacción de esta tesis. A mi hija Sara, que nació en el transcurso del desarrollo de esta tesis, quiero agradecerle las constantes visitas que me ha realizado a mi cuarto de trabajo, a partir de cuándo aprendido a andar. Por venir a decirme hola y mostrarme su preciosa sonrisa.

Gracias

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	5
2.1. LA BÚSQUEDA DEL EQUILIBRIO	5
2.2 ANTECEDENTES	6
3. OBJETIVOS	11
4. METODOLOGÍA	15
4.1. ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE ESTA INVESTIGACIÓN.....	15
4.2. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN TORNO AL PESO VISUAL	16
4.3. METODOLOGÍAS Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADOS EN LA PRESENTE TESIS	17
5. LA TEORÍA DE LA APARIENCIA.....	21
5.1. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA VISIÓN.....	21
5.1.1. La luz.....	22
5.1.2. La materia	45
5.1.3. El observador	61
5.2. INTERACCIÓN ENTRE ELEMENTOS.....	72
5.2.1. Tipos de interacciones.....	72
5.2.2. La interacción luz-materia	72
5.2.3. Interacción luz-materia-observador	102
5.3. LA CONFIGURACIÓN DE LA IMAGEN VISUAL.....	107
5.3.1. Características de la imagen visual humana	107
5.3.2. Las cualidades de la imagen visuales	133
5.3.3. La sensación de color.....	136
5.3.4. La sensación de forma	171
5.3.5. La sensación de forma tridimensional: la profundidad y la espacialidad	203
5.3.6. La sensación de movimiento	210
5.3.7. La interacción y la organización de las cualidades sensoriales en la imagen visual	214
5.4. LA PERCEPCIÓN VISUAL.....	223
5.4.1. El proceso de la percepción.....	223
5.4.2. La atención y el reconocimiento	233
5.4.3. La apariencia.....	246
5.4.4. La estabilidad y la variabilidad en la apariencia	284
5.4.5. Los objetos en la mente	314
6. EL PESO VISUAL Y LAS ACCIONES SENSORIALES VISUALES	332
6.1. LA ACCIÓN SENSORIAL VISUAL.....	332
6.1.1. La imagen visual y la interacción de las cualidades visuales.....	332
6.1.2. Relación entre la acción física y la acción sensorial.....	333
6.1.3. La simultaneidad expresiva.....	335

6.1.4. <i>Los polos expresivos</i>	336
6.1.5. <i>Tipos de acciones sensoriales visuales</i>	338
6.1.6. <i>La acción sensorial debida a las interacciones de los colores</i>	339
6.1.7. <i>La acción sensorial debida a las interacciones de las formas</i>	348
6.1.8. <i>La acción sensorial debida a la interacción espacial de las formas</i>	372
6.1.9. <i>La acción sensorial debida a la interacción de los movimientos</i>	375
6.2. EL PESO VISUAL	383
6.2.1. <i>El peso físico, el peso visual y el peso perceptual</i>	383
6.2.2. <i>La acción sensorial debida a la cantidad de luz</i>	386
6.2.3. <i>La acción sensorial lumínica</i>	386
6.2.4. <i>Relaciones visuales y físicas: fuerza, gravedad y peso visual</i>	389
6.2.5. <i>El centro de gravedad de una imagen</i>	391
6.2.6. <i>La escena y el valor relativo de la luminosidad</i>	395
6.2.7. <i>El fondo parcial</i>	395
6.2.8. <i>La figura integral</i>	396
6.2.9. <i>La segregación perceptiva figura-fondo</i>	397
6.2.10. <i>Los polos de balance</i>	400
6.2.11. <i>Las interacciones con otras acciones visuales</i>	402
6.2.12. <i>El peso en la imagen visual real</i>	404
6.2.13. <i>El peso perceptual</i>	416
6.2.14. <i>Ejemplo de cálculo directo sobre un paramento vertical</i>	418
6.2.15. <i>El programa informático pesovisual (pv)</i>	422
6.2.16. <i>El peso visual en la pintura: contraste a las aportaciones de arnheim</i>	425
6.2.17. <i>Ejemplo de análisis de obras de arte pictóricas usando pv</i>	437
6.2.18. <i>Peso integral y peso parcial de una imagen</i>	447
6.2.19. <i>Ejemplo de análisis del equilibrio de una composición usando pv</i>	467
6.2.20. <i>Ejemplo del diseño de un logotipo usando pv</i>	468
6.2.21. <i>Ejemplo del diseño de un cartel usando pv</i>	470
6.2.22. <i>Ejemplo de composición de la imagen en movimiento usando pv</i>	473
6.2.23. <i>Ejemplo de análisis de variación de la luz sobre un objeto tridimensional usando pv</i>	475
7. ESTUDIO DE VARIABILIDAD EN LA ESCENA Y DE LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS A TRAVÉS DEL PESO VISUAL (PV)	485
7.1. LA ESCENA Y LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS	485
7.1.1. <i>La imagen de la escena urbana</i>	485
7.1.2. <i>La organización sensorial de la imagen arquitectónica</i>	492
7.1.3. <i>La atención y la acción sensorial en la imagen de la escena arquitectónica</i>	501
7.1.4. <i>El reconocimiento y la categorización en la escena urbana</i>	503
7.1.5. <i>La constancia perceptual de entornos y objetos arquitectónicos</i>	506
7.1.6. <i>Legibilidad e identidad en la imagen mental de los entornos urbanos</i>	508
7.1.7. <i>La percepción colectiva: los símbolos</i>	512

7.2. ESTUDIO DE VARIABILIDAD EN LA ESCENA Y LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS A TRAVÉS DEL PESO VISUAL (PV).....	513
7.2.1. El peso visual en los objetos arquitectonicos y en sus escenas.....	513
7.2.2. Método de análisis de la arquitectura a través del peso visual	516
7.2.3. Factores variables en la apariencia de la arquitectura.....	519
7.2.4. Cambio entre representación e imagen real.....	585
7.2.5. Ejemplo de diseño y comprobación de la realización con pv	592
8. RESULTADOS	600
8.1. RESULTADOS EN EL DESARROLLO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA TEORIA DE LA APARIENCIA	600
8.2. RESULTADOS EN EL DESARROLLLO Y ESTABLECIMIENTO DEL PESO VISUAL Y EL EQUILIBRIO.....	600
8.3. RESULTADOS EN LA APLICACIÓN PRÁCTICA	601
9. CONCLUSIONES.....	602
9.1. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN TORNO AL DESARROLLO DE LA TEORIA DE LA APARIENCIA	602
9.2. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN TORNO AL DESARROLLO DEL PESO VISUAL Y EL EQUILIBRIO DE IMÁGENES	602
9.3. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN TORNO A LAS APLICACIONES PRÁCTICAS.....	602
9.4. ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS FUTUROS Y DE NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	603
10. BIBLIOGRAFÍA	605

1. RESUMEN

La presente tesis se muestra dividida en tres grandes bloques. En el primer bloque se establece la fundamentación y la base en la que se sustenta el desarrollo de la investigación del peso visual, y que hemos denominado; *La teoría de la apariencia*. En el segundo bloque, se desarrolla y se concreta nuestra tesis sobre *el peso visual y el equilibrio de la imagen*¹. Como introducción a este bloque se describen las diferentes acciones sensoriales que intervienen en la interacción visual de la globalidad de la imagen, siendo el peso visual una de las acciones que más presencia sensorial tiene. Por último, completamos esta tesis con un tercer bloque, donde se realizan diferentes aplicaciones y puestas en práctica del peso visual y su equilibrio sobre diversas imágenes de la escena urbanas características y de la ciudad de Granada.

En el primer bloque, *la teoría de la apariencia* se establece como soporte y fundamentación de esta tesis. Por lo tanto, se expone de forma sintetizada y organizada utilizando el proceso secuenciado de la percepción visual propuesto por Goldstein², que actúa como eje estructural que la articula en torno a sus diferentes bloques conceptuales y perspectivas epistemológicas.

En la descripción y desarrollo de *la teoría de la apariencia*, en primer lugar, se introducen los tres elementos básicos que intervienen en la experiencia visual (la luz, la materia y el sujeto perceptor) en el medio espacio/temporal que nos domina. Empezamos con la descripción de cada elemento de forma aislada, para posteriormente ser detalladas sus interacciones físicas; siendo las diferentes interacciones *luz-materia* las que se describen en primer lugar, para luego describirse las interacciones de los tres elementos (*luz-materia-observador*) de forma conjunta.

Una vez descritas estas interacciones, se exponen las cualidades de la visión humana, las cuales caracterizan nuestra imagen visual, es decir se exponen las cualidades y las funciones del sistema visual humano, tales como; el campo visual, la sensibilidad, el enfoque, la profundidad o el movimiento visual.

Establecidas las características de la imagen visual humana, pasamos a describir los diferentes elementos conformadores de esta, es decir se detallan los elementos responsables de crear las diferentes sensaciones visuales. Estas descripciones se organizan atendiendo a dos aspectos: la *dimensionalidad* de las cualidades visuales y sus *interacciones* en la globalidad de la imagen. Por lo tanto, se empieza describiendo *la sensación de color*, detallando sus cualidades, sus formas de orden y organización, y sus interacciones. Con la interacción del color aparece *la sensación de forma* por lo que en este punto, pasamos a explicarla detalladamente. En relación a la forma plana (*bidimensional*) se describen sus cualidades, las delimitaciones, los degradados, sus elementos y tipologías, así como sus interacciones. Siguiendo con esta organización, al introducir el concepto de *sensación de profundidad*, explicamos la forma *tridimensional* y sus cualidades, así como *la sensación de espacialidad*. Por último, se describe y se detalla *la sensación de movimiento*, en relación a la variación (*temporal*) de la imagen visual.

Dado que las sensaciones, aparecen con las interacciones que actúan en la globalidad de la imagen visual, en el siguiente estadio pasamos a describir cómo se desarrollan las asociaciones y segregaciones de estos elementos en la organización de la totalidad de la imagen. Estas organizaciones se explican mediante los *Principios de la Gestalt*, por lo que describimos detenidamente cada uno de ellos y la forma en la que afectan a la organización global de la imagen visual. En este punto, prestamos especialmente atención a la asociación de forma y color debida a la proximidad y la semejanza,

¹ PARADA CASTELLANO, Raúl. 2015. *Study of balance of images using visual weight*. (Color Research & Application. DOI: 10.1002/col.21943. Wiley Periodicals, Inc. Article first published online: 23 FEB 2015)

² GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

es decir a *la textura*, ya que esta asociación cobra un papel primordial en la apariencia superficial de los diferentes elementos que aparecen en la imagen visual.

Una vez descritas las sensaciones visuales, pasamos a la siguiente fase dentro del ciclo del proceso perceptual, es decir a la fase procesal donde aparecen las diferentes percepciones, en nuestro caso nos centraremos en las visuales. Para ello, exponemos las cualidades más características de *la percepción visual* como son la subjetividad, la plasticidad, la atención, el reconocimiento, la constancia, y por supuesto la percepción de la apariencia los objetos y sus signos característicos. Dentro de estos, establecemos, definimos y describimos; *los directos, los semidirectos y los indirectos*, en función del nivel de procesamiento que estos requieren para actuar. También, atendiendo al procesamiento mental introducimos cómo se crean las diferentes *concepciones mentales visuales*, así como se establecen las categorías y conceptos de *objeto* y de *objeto visual en la escena*, explicando sus características fenomenológicas y variables en el transcurso espacio-temporal.

Este último grupo de conocimientos, cierra el bloque de la tesis dedicada a establecer los cimientos en los que se sostienen el peso visual, por lo que a partir de este momento pasamos a desarrollar y a profundizar la tesis propuesta.

El peso visual lo establecemos como una acción sensorial visual estimable. De tal forma, que se configura como un modelo de establecer y medir la acción de una sensación visual concreta, es decir, nos sirve para estimar de la fuerza con la que la luminosidad actúa en nuestra imagen visual.

Como hemos dicho las sensaciones visuales aparecen de la interacción de los elementos que aparecen en la globalidad de la imagen. Por lo tanto, en función de estas interacciones se determinan las diferentes acciones sensoriales. La interacción conjunta de acciones da como resultado una acción global visual. En función de la composición de cada imagen, unas acciones pueden cobrar más valor que otras, e incluso si la diferencia de intensidad es grande, estas pueden llegar difuminarse o a anularse unas respecto de otras. Dentro del conjunto de las acciones sensoriales existentes, el peso visual se establece como una de las que más activas y relevantes, ya que tiene un papel primordial en el equilibrio de la imagen visual. No obstante, dedicamos la introducción de este bloque a la descripción de las otras acciones visuales y proponemos diversos modelos de establecer sus niveles de acción. Por lo tanto, a parte del peso visual también describimos las siguientes acciones visuales: *la intensidad, la temperatura, la regularidad, la direccionalidad, la espacialidad y la acción sensorial debida al movimiento* en la imagen visual.

Una vez descritas las diferentes acciones visuales, nos centramos en el desarrollo y descripción del peso visual. En este punto central analizamos los factores que crean una sensación de equilibrio o desequilibrio al observar una imagen en función de la luz transmitida, reflejada y/o emitida por los objetos que aparecen en ella. Este estudio se lleva a cabo mediante el cálculo del *centro de gravedad (CG)* de cada imagen. El peso y el CG se obtienen calculando la fuerza resultante de los diferentes pesos visuales que componen la imagen visual y su posición sobre esta, de tal forma que cuando el CG visual y *centro geométrico (C)* coinciden establecemos que la imagen está equilibrada. Por lo tanto, según estos puntos se separan, decimos que la imagen se está desequilibrando. Como hemos dicho, la acción que actúa sobre el equilibrio lumínico de una imagen la hemos denominado *peso visual*. Por lo tanto, el peso visual de una figura queda definido por las diferentes cantidades de luz visible que provienen de esta y por el espacio que ocupa en la imagen visual donde se inserta. A través de los colores obtenemos la cantidad de luz que proviene de la figura, mientras que la forma nos aporta la información relativa al espacio que ocupa está en la imagen. El estudio del peso visual también indaga en cómo afectan las cualidades de apariencia de los objetos tridimensionales en el peso visual de la imagen y como este puede variar debido a cambios de la luz, del movimiento de los objetos o del punto de vista de la imagen. Puesto que

estos cálculos pueden ser de gran complejidad se ha desarrollado un software llamado "*PesoVisual (PV)*" que realiza estas operaciones de forma automática sobre imágenes digitales. De igual forma este programa posibilita el análisis de la variabilidad de la imagen visual. No obstante, para ejemplificar el método de cálculo, presentamos también un cálculo directo sobre una composición en un parámetro vertical. En el estudio de sus posibilidades analíticas, nos acercamos a la pintura y ponemos en práctica el peso visual en diferentes campos de la composición y la representación de la imagen visual, como son en la creación de composiciones de diseños gráficos, publicitarios y en el uso de la composición de la imagen en movimiento (cine). De igual forma, presentamos un estudio que muestra la manera en la luz afecta a la variabilidad de la apariencia, y su relación con el peso visual y del equilibrio visual.

Como estudio exhaustivo de las posibilidades del peso visual en el análisis de la imagen de la escena arquitectónica, se realiza un tercer bloque en el que se estudian diversos escenarios de la ciudad de Granada y diversas composiciones arquitectónicas a través de imágenes seleccionadas en el transcurso temporal, atendiendo a los diferentes factores que crean variabilidad en la imagen visual. Como introducción de este bloque se describen los diferentes tipos de objetos y escenas arquitectónicas que aparecen en las diferentes tipologías de escenarios urbanos, así como los elementos que más variabilidad otorgan. Por último, obtenemos las conclusiones de este análisis y mostramos como el peso visual se conforma como herramienta de gran valía en la composición, en el análisis y estudio de la imagen arquitectónica, y en la variabilidad de su apariencia.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. LA BÚSQUEDA DEL EQUILIBRIO

Esta investigación parte de la búsqueda del equilibrio en la imagen visual. Entendemos de forma general *equilibrio*, como una situación de estabilidad y compensación homogénea en las acciones que entran en juego ante una situación dada. En la naturaleza, y así como en los procesos energéticos que componen el mundo, tal y como los conocemos, constantemente existe una tendencia natural hacia el estado de equilibrio. Una vez encontrado el equilibrio, este se vuelve efímero. En el transcurso de un tiempo limitado aparecen otras interacciones energéticas que afectan al equilibrio encontrado, por lo que aparece un nuevo estado de desequilibrio creando de nuevo inestabilidad. Esta situación provoca otro intento de reequilibrio, convirtiéndose estas fluctuaciones en procesos cíclicos, donde el hombre, entendido como una forma más de energía del universo interactuante, no puede escapar a estos estados de equilibrio y desequilibrio. El desequilibrio se nos muestra como en forma de necesidad y el equilibrio llega con la satisfacción de esta. Sin embargo, no perdura, según pasa el tiempo y se desarrollan los acontecimientos volvemos a estar desequilibrados y de esta forma cíclica navegamos en este océano vital desde el día que partimos al nacer, hasta el día en que nos hundimos definitivamente y desaparecemos de esta vida. Por lo tanto, aunque aparentemente parezca contradictorio, la *variabilidad* entre equilibrio y desequilibrio se establece como un factor *constante* a lo largo de nuestra vida.

Los puntos extremos de estos estados, es decir el estado de total equilibrio y el estado de máximo desequilibrio establecen los polos que delimitan la variación posible en los estados de balance. Por lo tanto, existen infinidad de posiciones entre estos polos. En general, los estados intermedios suelen atender a situaciones ambiguas, sobre todo si tienen una apariencia estática, es decir si no muestran un tránsito dirigiéndose al equilibrio o alejándose de él. Aunque como hemos comentado, la tendencia natural es dirigirse hacia el equilibrio, en ciertas ocasiones, sobre todo ante estados monótonos intermedios se puede provocar también de forma intencionada un desplazamiento hacia un estado de desequilibrio, activando de esta forma el dinamismo cíclico, ya que es en el tránsito donde se hace la travesía, donde hay acción y donde aparece la vida. Un largo estado de inactividad, provoca monotonía, ausencia de acción y de vida.

A través de nuestra imagen visual, se nos muestran las interacciones entre luz y materia, en el dominio de las tres dimensiones espaciales y la dimensión temporal que limitan nuestro mundo. Siendo estos cuatro elementos (*luz-espacio-materia-tiempo*); dos formas de energía interactuando en dos dimensiones vitales, los denominados genéticos³, esenciales para la constitución de la imagen visual humana.

Las diferentes configuraciones visuales que aparecen en nuestra imagen visual también atienden a procesos de equilibrio y desequilibrio, ya que en definitiva, son procesos energéticos naturales. Por lo tanto, nuestra imagen visual es variable, estando constantemente fluctuando entre los polos de balance que establecen el equilibrio visual.

Por otro lado, como representación de la imagen visual podemos utilizar diferentes imágenes y composiciones para nuestros estudios, análisis y cálculos, ya sean planas o tridimensionales, ya sean estáticas o dinámicas. Cuando la imagen representada es plana entonces la dimensión espacial de la profundidad no interviene y no actúa, por otro lado, cuando la imagen es estática, es la dimensión temporal la que no interviene y no entra en juego. El estudio de estas representaciones en nuestra investigación irá dirigido en descubrir y entender porque ciertas imágenes visuales se

3 GARCÍA GIL, Fernanda; PEÑA MÉNDEZ, Miguel (Coordinadores del G.I). 2002. *Trato de la Luz con la Materia* (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo en dicho libro realizado por Fernanda García Gil titulado *Trato de la luz con la materia: Experiencias con las artistas plásticas Maribel Domenech y Margo Sawyer* (Pág. 77-82).

muestran desequilibradas y porque otras se muestran equilibradas, en analogía a la imagen visual proyectada en nuestro cerebro.

Sobre el equilibrio y desequilibrio de una composición visual Arnheim⁴ comenta: *“Una composición desequilibrada parece accidental, transitoria, y por lo tanto no válida. Sus elementos muestran una tendencia a cambiar de lugar o de forma para alcanzar un estado que concuerde mejor con la estructura total”*. Por lo tanto, como hemos comentado nuestro objetivo se embarca dirección a estudiar las razones que hacen que una imagen visual nos transmita la sensación de equilibrio y las razones que hacen que otra imagen nos transmita lo contrario.

Aunque trataremos el equilibrio global de la imagen, nuestra investigación se va a centrar en el estudio de una de las acciones que más predominan sobre la imagen visual que es *el peso visual*. De hecho, según Arnheim⁵ al introducir el concepto de peso visual comenta que esta es una de las acciones que intervienen de forma especial en el equilibrio visual *“ Dos propiedades de los objetos que ejercen especial influencia sobre el equilibrio: el peso y la dirección”*

El peso visual lo definimos como la acción que aparece de la interacción de las diferentes cantidades de luz que se proyectan a lo largo y ancho de nuestra imagen visual. Si atendemos a esta definición, observamos que el peso visual no requiere del reconocimiento, o de la asociación de ningún significado, ya que solo necesita de una interacción luminosa, es decir de un contraste lumínico en nuestra imagen visual para que aparezca. No obstante, nuestra visión es mayoritariamente figurativa, provocando percepciones y significaciones constantemente, por lo tanto, la acción de peso visual y la percepción de la imagen estarán en permanente interrelación.

Dado que nuestra imagen visual es variable, el peso también lo es. Este cambia en función de las diferentes variaciones que sufre la imagen, lo que conlleva un dinamismo constante en el equilibrio de la imagen. Estudiando los factores que hacen variable la apariencia, vamos a analizar en qué medida afectan al equilibrio global y el modo en lo que lo hacen. De igual forma, vamos a ver cómo podemos intervenir y modificar estos factores en función del objetivo de balance, es decir con el fin de encontrar el equilibrio en ellos, o con el fin de establecer un desequilibrio, en función de cuales sean nuestras intenciones creativas y/o proyectuales.

Por lo tanto, podremos aplicar estos conocimientos en diferentes actividades creativas relacionadas con la composición de la imagen, como por ejemplo; en el análisis de composiciones artísticas, en el diseño gráfico, en la fotografía, en la escenografía, en el cine y la composición de la imagen en el movimiento, y por supuesto en el estudio, análisis y proyección de la imagen y la escena arquitectónica.

Las posibilidades tecnológicas actuales nos permiten tratar la información visual como hasta ahora nunca había sido posible. Los microprocesadores de los ordenadores nos permiten digitalizar imágenes a gran resolución, y realizar sobre ellas todo tipo de cálculo de forma instantánea, ya sean imágenes fijas o en movimiento. Aunque la representación estereoscópica está actualmente en desarrollo, pronto también trabajaremos con imágenes donde la profundidad espacial aparte de ser experimentada, pueda ser tratada, calculada y analizada. Por lo tanto, en nuestra investigación, trabajaremos con imágenes digitales planas estáticas o con movimiento, entendiéndolas como representaciones de nuestra imagen visual. Sobre ellas, calcularemos, analizaremos el peso visual y su equilibrio, y sobre ellas actuaremos y las modificaremos atendiendo a las necesidades de equilibrio propuestas.

2.2 ANTECEDENTES

⁴ ARNHEIM, Rudolf. 2007. Arte y percepción visual. (Madrid: Alianza Forma). Pág. 36.

⁵ *Ibid*, Pág. 37.

El equilibrio de la composición y el concepto de peso visual, siempre ha estado presente en el transcurso de nuestra historia⁶. En un principio, el peso visual fue tratado en torno al conocimiento y el saber de la representación de imágenes, es decir mayoritariamente desde la pintura. Cualquier tipo de representación pictórica, ya sea en cuadros, paredes, telas o diferentes objetos y utensilios, o cualquier tipo de representación visual por otros medios, como puede ser mediante mosaicos, tejidos o unión de diferentes materiales, atendía a unos criterios compositivos, donde el equilibrio estaba siempre presente.

La representación pudo ser entendida como un intento de dominar el tiempo, de acercarse a la inmortalidad. Ante la imposibilidad de volver atrás, se dejaban impresos sobre diferentes superficies proyecciones de personas, de seres vivos, de objetos inanimados, así como de acontecimientos, de tal forma que al observarlos se podía retroceder en el tiempo y revivir dichas experiencias. Las representaciones fueron capaces de permanecer, y sobrevivir a la ausencia de las personas y a generaciones de estas. Toda representación estable se podía entender como la permanencia ante el paso del tiempo, una forma de acercarse a la inmortalidad, ya que a pesar de que el autor dejará de existir, parte de él se quedaba y permanecía estable en el tiempo de forma indefinida. Por lo tanto, la composición de toda representación con intenciones de perdurar era estudiada con minuciosidad y detalle. Su belleza y equilibrio reflejaría la esencia del autor, entendiéndose como una proyección trascendente de sí mismo. La composición y el equilibrio de todas estas representaciones se establecía según las estimaciones y criterios del artista o artesano al observar la obra en su globalidad (*Figura 1*). Su ojo sensible decidía por intuición donde actuar sobre las diferentes partes de la obra, con más o menos luminosidad, cromaticidad, proporción, tamaño, etc.



Figura 1

En otras disciplinas, como la escultura y la arquitectura, las obras estaban bajo el dominio de la acción gravitatoria física, es decir equilibrio físico y equilibrio visual iban de la mano. Una escultura desequilibrada se caía, y de igual forma pasaba con una obra arquitectónica. Las esculturas debían estar perfectamente equilibradas para no caerse y si por ejemplo una figura humana se representaba en forma desequilibrante, se debían utilizar otras masas como por ejemplo, la representación de tejidos, arbustos o apoyos que enlazaban la figura con el suelo, equilibrando de esta forma la descompensación, este equilibrio gravitatorio producía simultáneamente un equilibrio visual (*Figura 2*). En torno a la arquitectura, se utilizó un recurso de equilibrio inestimable que era la simetría, el cual repartía las cargas de forma homogénea. La simetría no obstante también se utilizaba con frecuencia en la escultura y en la pintura, como recurso equilibrador.

Con la llegada del renacimiento, apareció la perspectiva en la pintura y las representaciones pasaron a ser más fieles a nuestra perspectiva visual. En este momento de la historia, las obras se estudiaban y se proyectaban con detenimiento antes de realizarse, ya fueran tanto, pictóricas, escultóricas o arquitectónicas. Por lo que, los artistas dedicaban tiempo a estudiar las composiciones que iban a realizar y de igual forma, analizaban de antemano su equilibrio compositivo.

⁶ GOMBRICH, E.H. 2003. *La historia del arte*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate)

EL PESO EN LA ESCULTURA Y LA ARQUITECTURA CLÁSICA



Figura 2

Las técnicas de la representación pictórica fueron mejorando con el paso del tiempo y con las generaciones de artistas, encontrando multitud de autores que dejaron plasmadas representaciones de su tiempo de forma extraordinaria. Ejemplos de estos autores son; Leonardo, Miguel Ángel, Rafael, Caravaggio, Rembrandt, Velazquez o Vermeer, entre otros. No obstante, hoy en día existen autores que siguen mostrando representaciones con una fidelidad abrumadora, de entre estos podemos citar a; Antonio López, Magda Torres o Hugo Laurecena (Figura 3).

EL HIPERREALISMO ACTUAL EN LA PINTURA



Figura 3

A comienzos del siglo XIX, llegó la fotografía y la representación se hizo totalmente fiel a la imagen. Sin embargo, la composición y el equilibrio de las representaciones realizadas con estos nuevos medios expresivos seguían en manos del artista. Años más tarde (1895), apareció el cine de la mano de los hermanos Lumière que representaba imágenes secuenciadas en el transcurso temporal continuo. Aquí la representación dio un salto espectacular hacia la inmortalidad, ya no se podía retroceder en el tiempo ante una imagen fija realista, sino que se podía volver y sentir la viveza y dinamismo de un tiempo pasado como si se estuviera viviendo en ese instante. No obstante, aquí la variabilidad visual, al ser fiel a nuestra visión, modificaba constantemente la imagen y su equilibrio en los diferentes movimientos que aparecían en cada escena. Esta dinámica visual afectaba a la expresividad del relato visual, por lo que, su estudio y conocimiento es estableció como de gran valor ante la composición de la imagen en movimiento, ya que permitía representar adecuadamente los acontecimientos que se querían plasmar en ella.

Por otro lado, con la llegada del siglo XX aparecieron nuevas corrientes artísticas y pictóricas, donde su objetivo ya no era plasmar diferentes escenas de forma fidedigna, si no que su objetivo era transmitir diferentes sensaciones y percepciones visuales explorando los recursos que el medio pictórico permitía. Aquí emergió el arte abstracto, y el análisis de la composición no figurativa. Los artistas estudiaron exhaustivamente las cualidades del color y de la forma, y sus diferentes interacciones. De esta forma, aparecieron los primeros hallazgos analíticos (sobre todo en artistas e

investigadores de la escuela de la Bauhaus⁷, encontrando escritos de autores como Kandisky donde en; *Punto y línea sobre el plano*⁸ describe las cualidades de estas tres formas expresivas (el punto, la línea y el plano) de forma minuciosa, o en; *De lo espiritual en el arte*⁹ donde describe las posibilidades expresivas en la composición artística y su transcendencia en el ser humano en relación con el momento histórico y cultural en la que está aparece. Por otro lado, en relación directa con el equilibrio y el peso visual, encontramos a autores como Josef Albert¹⁰ que trató *la interacción del color*, y estableció las relación entre tamaño y color que estructuran el peso visual, tal y como mostramos en el punto 6.2.18.1, y por otro lado, de autores como Itten¹¹ que estudiaron detenidamente la interacción debida al contraste, en concreto Itten en su estudio de los diferentes *contrastes de color*, muestra el *contraste cuantitativo*, estableciendo lo que nosotros hemos denominado equilibrio mediante el peso visual, tal y como describimos en el mismo punto.

Por otro lado, R. Arnheim apoyado por los escritos de Denman W. Ross¹², establece en su obra *Arte y percepción visual*¹³ como en la imagen visual aparecen unas fuerzas y tensiones dirigidas, dentro de las cuales el peso visual es primordial en la composición, tal y como hemos comentado. No obstante, Arnheim hace referencia a que no existe método exacto para calcular el centro de equilibrio de esta acción, y se limita a referenciar que el centro de equilibrio se puede determinar aproximadamente con el uso de un marco al desplazarlo por tanteo visual, alrededor de la imagen visual.

**CALCULO DEL PESO VISUAL EN UN PARAMENTO
MÉTODO DESARROLLADO POR JOAQUÍN CASADO**

**CALCULO DEL CENTRO DE MASAS EN UNA FOTO
DIVISION OF PSYCHOLOGY AND LANGUAGE SCIENCIES
UNIVERSITY COLLEGE LONDON**

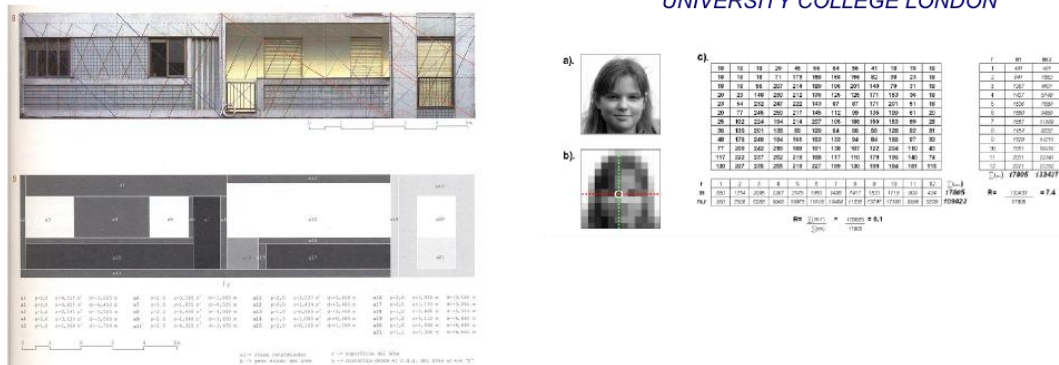


Figura 4

Habiendo buscado y no encontrado algún autor que intentará posteriormente descifrar un método para calcular exactamente el equilibrio y el peso visual, mi referencia siguiente es la del arquitecto y profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería de la Universidad de Granada, Joaquín Casado de Amezúa Vázquez, quien en su estudio sobre la obra del arquitecto granadino José Jiménez Jimena, titulado; *José Jiménez Jimena. Un reflejo del Neoplasticismo en la Granada Del XX¹⁴*, establece un método para calcular de forma exacta el centro de gravedad de la composición de un paramento arquitectónico realizada por este arquitecto (Figura 4a), tal y como el mismo explica;

⁷ DROSTE, Magdalena; 1998. *Bauhaus. 1919-1933* (Germany: Benedikt Taschen)

⁸ KANDINSKY, Vasili Vasilievich. 1994. *Punto y línea sobre el plano*. (Barcelona: Editorial Labor)

⁹ KANDINSKY, Vasili Vasilievich. 1995. *De lo espiritual en el arte*. (Barcelona: Editorial Labor)

¹⁰ ALBERS, Josef. 1988. *La interacción del color*. (Madrid: Alianza Forma)

¹¹ ITTEN, Johannes. 1961. *Kunst der Farbe* (Ravensburg, Alemania: Otto Maier Verlag). Versión inglesa condensada por Ernst van Hagen, *The elements of color*, ed. F. Birren (Nueva York: Van NostrandReinhold, 1970)

¹² ROSS, Denman. W. 1933. *A theory of pure design*. (New York.1933).

¹³ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

¹⁴ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2005. *José Jiménez Jimena Un reflejo del neoplasticismo en la Granada del XX*. (España: Revista EGA, Nº 10. 6. 2005)

Decidimos abordar el trazado del eje de equilibrio mediante las consideraciones del peso visual de cada recuadro, intentando universalizar el método, que en principio se ceñía a los colores fundamentales: rojo, amarillo y azul. La probatura fue planteada, atribuyendo un peso visual específico a cada recuadro, mediante la comparación de su tono con el índice de reflectancia del color tomado de un código ó carta universal de colores, asimilando por tanto, lo que hemos dado en llamar, “peso visual específico”, al factor de reflectancia, de cada tono.

Dado que yo, había seguido sus clases de *Proyectividad y Métrica en Arquitectura*¹⁵ en uno de los cursos de doctorado, a través de estas ponencias me hizo llegar algunos de sus conocimientos y descubrimientos en este tema, atrayéndome de tal manera que solicite realizar la tesina bajo su tutela¹⁶ y una vez obtenida mi suficiencia investigadora también le propuse realizar esta tesis bajo su dirección. El aceptó y junto con la codirección de la profesora Fernanda García Gil del Departamento de Pintura de la Universidad de Granada que me guiaría por los diferentes aspectos epistemológicos que se desarrollan en torno a la apariencia y la imagen visual, empezamos a trabajar en un desarrollo aún más profundo del equilibrio y del peso visual sobre diferentes imágenes y especialmente en imágenes de diferentes escenas urbanas, dada mi formación como arquitecto. Los primeros trabajos los realizamos utilizando el sistema y las cartas de color NCS¹⁷. No obstante, al observar la cantidad de cálculos y la gran posibilidad de cometer errores, decidimos crear un programa informático que realizará estos cálculos automáticamente. Esta labor fue concretada por el profesor Don Javier Mateos de la Universidad de Granada, dando como resultado el programa *Pesovisual (PV)*, que realiza los cálculos y otras operaciones tal y como se describen en el punto 6.2.15 de esta tesis.

De forma coetánea (2011), un grupo de investigadores y psicólogos de la University College of London (I.C. McManus, Katharina Stover y Do Kim)¹⁸, han tratado de confirmar los principios propuestos por Arnheim entorno al equilibrio visual, llegando a una refutación final (Figura 4). Estos autores llegaron a las mismas conclusiones que obtuvo el profesor Joaquín Casado¹⁹ unos años antes, en torno a cómo obtener el centro de gravedad (CG), en este caso ellos lo han denominado Centro de Masas (CoM). Sin embargo, discrepamos totalmente en torno a un punto clave del peso visual, en concreto a la asignación de la densidad a cada pixel, ya que como demostramos en la sección 6.2.6, ellos determinan una densidad fija para toda clase de imagen independientemente de la imagen que sea, con unos polos de luminosidad estables establecidos entre 0 y 255 (Figura 4b). Con valores fijos de 0 para el blanco (leve) y 255 para el negro (pesado). Nosotros demostramos que este concepto es totalmente erróneo, ya que la acción de la densidad de los colores que estructuran la imagen es relativa para cada imagen, y depende de la organización y composición concreta de cada imagen. Por lo tanto, los resultados de sus estudios, así como la refutación de las teorías de Arnheim no son válidos para nosotros. No obstante, nos dejan una metodología valiosa e interesante en el proceso de establecer su ratificación/refutación. Recientemente, la prestigiosa revista internacional *Color Research and Investigation*²⁰ publicó nuestro artículo, donde se describen el peso visual y del equilibrio tal y como los proponemos nosotros, posicionando nuestra investigación en primera línea en el estudio de estos conceptos.

¹⁵ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2007. *Apuntes de proyectividad y métrica en arquitectura*. (Granada: Universidad de Granada)

¹⁶ PARADA CASTELLANO, Raúl. 2009. *La percepción de la arquitectura*. (Granada: Dpto. de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Tesina: Dir: Casado de Amezúa Vázquez, J. 2008/2009)

¹⁷ SCANDINAVIAN COLOUR INSTITUTE. 1996. *NCS. Lightness Meter*. (Stockholm, Sweden: Scandinavian Colour Institute)

¹⁸ MCMANUS, I.C; STOVER Katharina; KIM Do. 2011. *Arnheim's Gestalt theory of visual balance: Examining the compositional structure of art photographs and abstract images* (i-Perception (2011) volume 2, pages 615 – 647)

¹⁹ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2007. *Apuntes de proyectividad y métrica en arquitectura*. (Granada: Universidad de Granada)

²⁰ PARADA CASTELLANO, Raúl. 2015. *Study of balance of images using visual weight*. (Color Research & Application. DOI: 10.1002/col.21943. Wiley Periodicals, Inc. Article first published online: 23 FEB 2015)

3. OBJETIVOS

En el siguiente punto se van a exponer los objetivos que se han perseguido en el desarrollo de esta tesis. Dentro de los objetivos existen unos más generales y otros más particulares. A continuación pasamos a numerar y a describir cada objetivo de forma individual, aunque la suma de todos ellos se puede entender como el objetivo global de esta tesis:

- ❖ **Determinar y analizar el equilibrio, y la variabilidad de la imagen visual en función del peso visual, la selección que realicemos sobre esta.**

La búsqueda del equilibrio de la imagen visual es nuestro objetivo primordial en esta investigación, tal y como hemos explicamos en la introducción de esta tesis. Vamos a establecer el equilibrio de una imagen mediante la determinación del centro de gravedad (CG) sobre esta. Es decir vamos a determinar el punto donde recae la fuerza resultante del peso visual de toda la imagen. Dada las características del marco de nuestra imagen visual, el CG siempre recaerá en un punto dentro de este marco, de tal forma que si coincide con el centro geométrico de este, diremos que la imagen esta equilibrada y según se retira de el diremos que se está desequilibrando en relación a los ejes de referencia que definen la imagen.

- ❖ **Establecer y determinar la acción del peso visual, es decir establecer la acción sensorial de la luz en función de las diferentes cantidades y sus diferentes distribuciones a lo largo y ancho de nuestra imagen visual.**

Ligado totalmente con el objetivo anterior, este segundo objetivo trata de establecer, describir y demostrar cómo actúa el peso visual sobre la imagen visual, mostrar cómo se calcula y describir cuáles son sus propiedades y características detalladamente.

Dado que como veremos, el peso visual de una imagen puede ser relativo, es decir su valor va a depender de cómo realicemos la selección (segregación figura-fondo) en la imagen. También se convierte en objetivo mostrar esta relatividad, y describir la diferencia de cuando se establece una imagen como integral o cuando se entiende como parcial, y así como mostrar las posibilidades de segregación que tiene, en analogía con nuestros procesos visuales habituales.

La infinidad de cálculos que las diferentes imágenes necesitan para ser establecidos sus pesos y sus centros de gravedad, nos hace proponernos un sub-objetivo en este punto, que es desarrollar un software que sea capaz de realizar estos cálculos de forma instantánea y sin errores, el cual llamaremos *Pesovisual (PV)*.

- ❖ **Determinar cómo se configura la imagen visual humana, que elementos intervienen y cómo interactúan entre ellos.**

Este tercer objetivo también está ligado a los anteriores, ya que este estudio utiliza la imagen visual como el elemento base donde aparecen y desarrollan las acciones. El equilibrio es el de la imagen, y el peso es el que proporciona la imagen, por lo tanto, se hace imprescindible su conocimiento, sus características y la forma en la que se configura en nuestros procesos de visión.

Aunque la imagen virtual, se está desarrollando a pasos agigantados en los últimos años, nosotros vamos a utilizar para nuestros cálculos representaciones de la imagen visual humana mediante fotografías y videos digitales. Por lo tanto, en las representaciones la sensación de profundidad estará desprovista de la estereoscopia de la imagen visual humana y en algunas situaciones (fotografías) se estudiará y analizará la representación exclusivamente de forma estática.

❖ **Establecer los diferentes tipos de acciones sensoriales a los que estamos sometidos y analizar cómo actúan de forma conjunta en nuestra experiencia visual**

A parte del peso visual, en nuestra imagen aparecen otras acciones visuales. En este objetivo, vamos a tratar de mostrar cuales son estas otras acciones sensoriales visuales, como aparecen y cómo actúan sobre nuestra imagen visual. Dado que todas estas acciones actúan en la imagen visual trataremos de mostrar como aparece una acción visual global resultante debida a la interacciones visuales de todas estas acciones, y como esta depende de la configuración concreta y particular de cada la imagen.

❖ **Determinar su rango de posibilidad y usos del peso visual**

La posibilidad de establecer el equilibrio debido al peso visual en una imagen, nos hace proponernos estudiar las posibilidades que el peso visual tiene dentro de las diferentes disciplinas que trabajan con la apariencia y composición de la imagen.

Por lo tanto, trataremos de mostrar las posibilidades que posee esta herramienta en la composición y análisis de obras artísticas, en el diseño gráfico, en el diseño publicitario, en el cine, y por supuesto en la imagen y composición de la escena arquitectónica.

❖ **Aplicar el peso visual, analizar el equilibrio, obtener resultados y sacar conclusiones en el análisis de imágenes de diferentes escenas urbanas y de los elementos arquitectónicos que aparecen en ellas.**

Dado que nos interesa de forma especial, el estudio del equilibrio y la variabilidad de la imagen de la escena arquitectónica, nos planteamos como objetivo analizar diferentes escenas características de la ciudad de Granada y su variabilidad de apariencia con el peso visual, así como determinar el grado en el que está puede ser útil, en el análisis y la actuación sobre diferentes escenarios urbanos.

❖ **Condensar, sintetizar y estructurar una teoría de la apariencia, que sirva de base y fundamento a la investigación y el desarrollo del peso visual.**

El hecho de tener que establecer una plataforma de referencia para esta tesis, ha provocado que se incluya como objetivo establecer una fundamentación, utilizando un gran conjunto de conocimientos de diferentes disciplinas agrupándolas en uno solo enfocado al estudio y análisis de la apariencia, por esta razón lo hemos denominado; *la teoría de la apariencia*.

La teoría de la apariencia trata de explicar como vemos y experimentamos visualmente los diferentes escenarios y los objetos que nos rodean. Por lo tanto, la teoría de la apariencia es la integración de diferentes teorías y conocimientos relacionados con la apariencia visual en lo que podríamos llamar una sola epistemología de la apariencia. Para ello, entendemos que se deben integrar e interrelacionar conocimientos que nos llegan desde: *el Conocimiento de la Física*; en torno a la luz y la materia, así como de sus diferentes tipos de interacciones, *los Conocimientos Fisiológicos de la visión humana*; *la Teoría del Color*, en toda su amplitud. También el conocimiento que nos llega en torno a la visión y experiencia de la forma, por ejemplo utilizamos como referente *la Teoría de la delimitación espacial* instaurada por Cesar Jannello²¹ y desarrollada posteriormente un grupo de investigadores argentinos, entre, Claudio Guerri²² y José Luis

²¹ JANNELLO, César V. 1988. *Fondements pour une semiotique scientifique de la conformation delimitante des objets du monde naturel*. (Semiotic Theory and Practice, Proceedings of the III Congress of the IASSAIS, Palermo 1984, M. Herzfeld and L. Melazzo (eds.), 483-496. Berlín: Mouton de Gruyter.)

²² GUERRI, Claudio. 2002. *Forma, Multidisciplina y Transformación* (Argentina: SEmA Seminario de Primavera 2002)

Caivano²³. Siendo este último autor, quien ha desarrollado el sistema Cesía²⁴, atendiendo a las diferentes distribuciones espaciales de la apariencia superficial y material de los objetos. También son indispensables los conocimientos que nos provienen desde la perspectiva de *la Semiótica* y de las diferentes significaciones que podemos obtener de la imagen visual. Todo ello englobado y soportado por una estructura que es *la Teoría de la percepción visual*, incluyendo sus múltiples perspectivas, es decir el conocimiento proveniente de la *Neurología*, de la *Psicología*, de la *Filosofía* y de las *Bellas Artes*. Por lo tanto, esta integración se propone como una síntesis que trata de dar explicación a cómo vemos las diferentes escenas que nos rodean y los objetos que se insertan en ellas, y que por lo tanto, es esencial para el desarrollo de nuestra investigación sobre el peso visual, ya que esta acción visual se fundamenta en este conjunto de conocimientos.

²³ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

²⁴ CAIVANO, José Luis. 2011. *Color and cesia: The interaction of light and color*, (AIC 2011 Interaction of Colour and Light, Proceedings of the Midterm Meeting of the International Color Association, ed. V. M. Schindler y S. Cuber, CD-ROM (Zurich: pro/colore, ISBN 978-3-033-02929-3), págs. 225-228)

4. METODOLOGÍA

4.1. ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE ESTA INVESTIGACIÓN

En un primer lugar, queremos hacer notar que esta tesis es multidisciplinar, es decir utiliza conocimientos de diversas disciplinas y conocimientos como base para su desarrollo.

Esta multidisciplinariedad hace que la diversidad de conocimientos se abra en un abanico amplio, donde en ocasiones se haga necesario la utilización de diversos leguajes. De tal forma, que en esta investigación a parte del lenguaje escrito, se utiliza con frecuencia el lenguaje matemático y de forma constante el lenguaje gráfico, icónico y visual²⁵.

Las áreas de conocimientos van desde las ciencias hasta las humanidades, valiéndonos por ejemplo; de la matemática, de la física, de la química, de la tecnología, de la informática, de la psicología, de la sociología, de la filosofía, de la arquitectura, y de las bellas artes, y las artes aplicadas, etc.

La apariencia de los objetos se nos muestra gracias a luz y como comenta Fernanda García Gil²⁶; *“y es que muchos de los problemas de la imagen son compartidos por las llamadas tradicionalmente ciencias y los estudios sobre el arte, quedando como diversas apreciaciones de una misma realidad: el conocimiento del mundo y de sus límites”*. Nuestra propuesta parte de enlazar estas perspectivas e interaccionarlas, con el fin de crear concepciones mentales más complejas y cercanas.

Esta cualidad multidisciplinar hace que nos acerquemos al *pensamiento complejo* según Edgar Morin²⁷. Este autor ve el mundo como un todo indisociable;

“nuestro espíritu individual posee conocimientos ambiguos, desordenados, que necesita acciones retroalimentadoras y propone un abordaje de manera multidisciplinar y multirreferenciada para lograr la construcción del pensamiento que se desarrolla con un análisis profundo de elementos de certeza. Estos elementos se basan en la complejidad que se caracteriza por tener muchas partes que forman un conjunto intrincado y difícil de conocer.”

En este caso, el término “*complejo*” hace referencia a una comprensión del mundo como un sistema donde todo se encuentra interaccionado.

Edgar Morin basa su teoría en tres fuentes; *la cibernética, la teoría de sistemas y la teoría de la información*, complementándola en la teoría de la *autorganización*, de esta forma elabora el concepto del conocimiento enciclopedante, entrelazando conocimientos dispersos. De esta forma, propuso un nuevo concepto epistemológico, que denominó; *de la complejidad*.

La base de este pensamiento radica en que si el fenómeno complejo, lo estudiamos de forma parcial dividiéndolo según diversas perspectivas para facilitar su estudio entonces estamos limitando el campo de acción del conocimiento. *Tanto la realidad como el pensamiento y el conocimiento son complejos y debido a esto, es preciso usar la complejidad para entender el mundo.*

²⁵ MCCANDLESS, David. 2010. La información es bella. (Barcelona: Ed. RBA Libros)

²⁶ GARCÍA GIL, F; PEÑA MÉNDEZ, M; DIAZ BUCERO, JESUS; ROMERO TORRES, J; LERMA PELAEZ, J.G; (G.I). 2000. *Impresiones Lumínicas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo: Autora: Fernanda García Gil
Luz y Sombra: Texto Topográfico de las Imágenes

²⁷ MORIN, Edgar. 2004. *La epistemología de la complejidad*. (Gazeta de Antropología, 20, artículo 02 · <http://hdl.handle.net/10481/7253>. Pags 43-77 de L'intelligence de la complexité, editado por L'Harmattan, París, 1999. Trad: José Luis Solana Ruiz)

Por lo tanto, nosotros entendemos la imagen visual (teoría de la apariencia) como un sistema que exhibe propiedades complejas, por lo tanto, enfocamos nuestra labor en dirección a entender la imagen visual desde las diferentes perspectivas epistemológicas detectando sus interacciones, es decir la forma en la que se entrelazan unas con otras.

Para mostrar, ejemplificar y simplificar estos lazos a lo largo de esta tesis vamos a utilizar, una simbología específica, en concreto vamos a utilizar el símbolo: " ↔ " y lo vamos a describir con dos direcciones de enlace, el punto al que pertenece y la página donde se sitúan los conocimientos enlazados, por ejemplo; (5.2.1 ↔ 3.4.2); nos dice que el contenido al que hacemos referencia que pertenece al punto 5.2.1, está enlazado bidireccionalmente con el contenido de del punto 3.4.2.

De esta forma, nuestro estudio atiende a los tres aspectos relacionados con la complejidad; es decir; *las ciencias de la complejidad, la cosmovisión compleja y el pensamiento complejo*. Nosotros partimos de los mismos objetivos que las ciencias de la complejidad, ya que en nuestra investigación se tratan los diversos campos puede hacer avanzar el conocimiento científico al introducir una comprensión del mundo entendido como sistema entrelazado.

No obstante, también tiene relación con la cosmovisión compleja, ya que relaciona los estudios científicos con la vida práctica. De hecho, actividad visual se puede considerar como una de las actividades más prácticas en nuestras interacciones con el medio en el que nos insertamos.

En cuanto, al pensamiento complejo, nuestra investigación queda identificada con él, ya que trata de construir un modelo nuevo sobre la base de las ideas complejas que emanan de las ciencias y su conjugación con el pensamiento humanista, político social y filosófico, atendiendo a las ideas propuestas por el pensador universalista francés Edgar Morin.

4.2. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN TORNO AL PESO VISUAL

La presente investigación se fundamentará mayoritariamente en conocimientos denominados científicos y minoritariamente en otros conocimientos no denominados científicos. No obstante, tal y como comenta J.L. Caivano²⁸, es el tratamiento lo que tiene que ser científico para que la investigación sea científica; *La investigación científica no está restringida a las ciencias naturales o a las ciencias exactas. Puede hablarse de investigación científica también en artes, humanidades, política, sociología, etc.*

Incluso un tema de actualidad puede recibir un tratamiento científico. La científicidad no está en el tema en sí, sino en el tratamiento del mismo.

Por lo tanto, nuestra investigación cumple los requisitos que este autor propone para que una investigación sea científica y que son los siguientes: *especificidad, objetividad, novedad, utilidad, reproductibilidad y falsabilidad.*

En cuanto a la especificidad, es decir en cuanto a que esta investigación se refiere a un objeto bien definido y que se apliquen las consecuencias en principio sólo a ese objeto. Nuestro estudio define perfectamente el peso visual, sus características concretas, así como el equilibrio de este. Por lo tanto, ajustándonos a las palabras de Umberto Eco²⁹; el objeto de nuestra investigación está totalmente definido bajo unas condiciones y podemos hablar en base a unas reglas que nosotros mismos hemos establecido.

En referencia a la objetividad podemos decir que la información y desarrollo aportado en esta tesis puede ser confirmada y contrastada por la comunidad científica e investigadora, lo que aporta una objetividad humana. La objetividad total

²⁸ CAIVANO, José Luis. 1995. *Guía para realizar, escribir y publicar trabajos de investigación*. (Argentina. Buenos Aires: Arquim, 1995)

²⁹ ECO, Umberto. 2001. *Cómo se hace una tesis* (Barcelona: Gedisa)

puede ser algo cuestionado, debido a que el ser humano nunca puede llegar a saber cómo es algo en sí mismo, no obstante siempre podemos contrastar el conocimiento y determinar cuándo un conocimiento es más objetivo que otro.

Para Kant la objetividad significa que el conocimiento científico ha de ser justificable, sin embargo, nosotros nos acercamos más a las perspectivas de Karl Popper y Bunge los cuales sostienen que los hechos nunca pueden justificarse o verificarse completamente sino que únicamente pueden contrastarse ante un grupo de sujetos.

En relación a la novedad, podemos decir que nuestra investigación trata un tema conocido como es el peso visual pero con una nueva perspectiva, es decir muestra de forma novedosa ciertos conocimientos en torno al peso visual y aporta otros que no existían previamente.

En torno a la utilidad, podemos decir que esta investigación se dirige a un fin prioritariamente utilitario y práctico, es decir la posibilidad de poder establecer el equilibrio de una imagen, nos permite utilizar este conocimiento para multitud de aplicaciones y tareas relacionadas con la composición de la imagen. No obstante, también es útil para el conocimiento, ya que permite ampliar y acceder a nuevos conocimientos, los cuales podrán ser útiles también.

En cuanto a la reproductibilidad, el método desarrollado puede ser estudiado y llevado a práctica por cualquier persona que lo aplique citándose a las explicaciones descritas en la investigación, por lo tanto, podrá ser verificado o refutado en las hipótesis que presenta.

Por último, y en relación con la *falsabilidad*, requisito propuesto por Popper³⁰, y que propone que un enunciado científico debe afirmar algo de lo cual pueda argumentarse que sea verdadero o falso, que tenga la posibilidad de ser confirmado o refutado, podemos decir que nuestra investigación también lo cumple. Nuestra investigación propone y confirma unos enunciados, aptos de ser refutados, por lo tanto, deja totalmente abierta la posibilidad de la *falsabilidad*, a posteriores estudios

4.3. METODOLOGÍAS Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADOS EN LA PRESENTE TESIS

A continuación vamos a explicar cómo se adapta esta investigación a los diferentes tipos de investigaciones. Según Caivano³¹ se puede hablar de tres tipos de investigación en función del entorno físico en el cual se realiza la investigación y la naturaleza de las fuentes de información, siendo los siguientes: *De campo*, *De gabinete o laboratorio*, *Bibliográfica*.

Nuestra investigación participa de los tres tipos de investigación, en su desarrollo y pasamos a explicarlos.

Fase Bibliográfica

En un primer lugar, se ha realizado una investigación bibliográfica, es decir se han consultado documentaciones y escritos, siendo la mayor parte obtenida de publicaciones, de libros y de artículos científicos, y en menor medida obtenida de páginas web (fundamentadas y referenciadas científicamente). Con este tipo de investigación, se ha buscado la información necesaria para fundamentar la tesis, especialmente para conformar la compilación que hemos denominado *la Teoría de la apariencia* y los fundamentos científicos que sostienen el desarrollo del *peso visual*.

Esta integración de conocimientos o compilación la entendemos también como investigación científica, de la misma forma que Caivano³²; *Un trabajo de compilación, entonces, puede ser científicamente útil porque el compilador ha reunido y correlacionado de manera orgánica las opiniones ya expresadas por otros sobre el mismo tema.*

³⁰ POPPER, Karl. R. 1980. *La lógica de la investigación científica*. (Madrid: Editorial Tecnos)

³¹ CAIVANO, José Luis. 1995. *Guía para realizar, escribir y publicar trabajos de investigación*. (Argentina. Buenos Aires: Arquim, 1995). Pág. 6-8.

³² *Ibíd.* Pág. 4.

A partir de estas fundamentaciones, nosotros hemos desarrollado aplicando el método científico la tesis que presentamos en torno al peso visual y el equilibrio de imágenes, ajustándonos a los requisitos científicos que hemos explicado.

El *método científico o hipotético-deductivo* se denomina deductivo porque utiliza la deducción mediante la cual se derivan ciertos enunciados de otros de un modo puramente formal, esto es, en virtud de la forma (lógica) de los mismos. La deducción posee la inestimable cualidad de conservar la verdad, es decir, que si sus puntos de partida, las hipótesis o supuestos, fuesen verdaderos, entonces las consecuencias obtenidas mediante una correcta deducción serían también forzosamente verdaderas.

La investigación se desarrollará atendiendo al *método hipotético-deductivo*, este se basa en el establecimiento de una serie de fases secuenciadas tal y como propuso Francis Bacon que eran 1. Observación, 2. Inducción 3. Hipótesis 4. Experimentación, 5. Demostración o Refutación (Antítesis) y por último 6. Tesis o Teoría Científica.

A continuación, describimos brevemente los pasos generales del método que vamos a seguir:

1. Captación de datos

Los datos los obtendremos de textos científicos y teóricos. En relación con la lectura distinguiremos tres fases:

La lectura general que proporcionará la información básica sobre el campo de estudio y eliminará aquella que no lo es. La lectura parcial de lo seleccionado; requiere un grado superior de atención, a la par que se toman notas y se estructura la información.

El juicio crítico, por el cual se analizan los datos recogidos de acuerdo a las pautas del trabajo de investigación. Los juicios resultantes quedarán recogidos en las notas.

En relación con la categorización, la tarea previa, que puede ser realizada durante la misma consulta bibliográfica, consiste en especificar, para todas las categorías establecidas, la fuente de la que procede la información, detallando las páginas en las que aparece.

2. Formulación de hipótesis

Una vez realizada la captación de datos establecemos una hipótesis explicativa de los hechos, que consiste en una proposición sugerida como explicación de un fenómeno o un enunciado predictivo (si ocurre A debe producirse B).

Para considerar una hipótesis como científica debe establecer una relación entre los conceptos científicos, y ser falseada por la experiencia.

3. Deducción de consecuencias

De la explicación propuesta por la hipótesis se deben derivar consecuencias contrastables por medio de la experimentación. Una hipótesis verificada obtiene el rango de ley científica.

En esta fase nos hemos servido mayoritariamente del *análisis científico*. Para nosotros analizar es descomponer un todo (*sistema*) en sus distintos elementos o partes constituyentes (*subsistemas*), con el fin de identificar éstos de manera separada, estudiarlos, determinar las relaciones que existen entre ellos (*interacciones*) y con su entorno (*relaciones externas*), para luego, en un proceso de síntesis, llegar a un conocimiento integral de dicho sistema.

Los conceptos claves entorno al análisis son:

El método: Hacer con orden, (Proceso-Fases). Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y

enseñarla.

La descomposición: Separar en las diversas partes de forma deductiva; es decir de lo general a lo particular

La identificación: Reconocer una cosa, diferenciar de lo demás.

El estudio: Observar y entender o comprender algo (su sentido, razón de ser o finalidad). Por lo tanto, comprobar, medir y comparar.

La síntesis: Componer el todo por la reunión de sus partes

El fin (Objetivo): Conocimiento integral del sistema. Detectar defectos errores para posteriormente subsanarlos arreglarlos o mejorarlos.

4. Contrastación de las hipótesis.

Los dos métodos más importantes de contrastar las hipótesis son la verificación (hechos experimentales que confirman) la falsación (cuando la hipótesis no se acaba en la experiencia).

En esta investigación se utiliza la verificación para presentar la tesis, y también se muestra la falsación al demostrar cómo algunos estudios recientes son erróneos.

Fase de Campo

Por otro lado, hemos realizado una investigación de campo, que ha tratado en buscar, identificar y seleccionar diferentes escenas y objetos arquitectónicos en la ciudad de granada, y sobre estas se ha tomado la información y los datos visuales pertinentes para poder ser tratados posteriormente en la fase de gabinete, ya que la información concreta requerida no podía obtenerse de ninguna fuente documental visual.

Fase de Gabinete

Por último, la tesis también atiende a la tipología de investigación de gabinete, ya que en primer lugar mediante cálculos manuales y posteriormente mediante la computación, hemos desarrollado un método y un software capaz de llevar a cabo las tareas que implican el cálculo del peso visual y del centro de gravedad en representaciones de la imagen visual, de igual forma hemos implementado ciertas posibilidades de tratamiento y configuración compositiva de la imagen. El desarrollo de este software ha conllevado que podamos utilizar los datos visuales obtenidos en la investigación de campo, y sobre estos hayamos podido aplicar diferentes cálculos, análisis y modificaciones, dando como resultado unos nuevos datos que no existen en ningún otro sitio, ya que son el resultado de esta labor de gabinete, y que nos sirven para obtener conclusiones sobre la validez de nuestros logros.

Por lo tanto, la investigación participa de las tres tipologías enlazadas entre sí, estando estructuradas y organizadas atendiendo el método científico, tal y como hemos descrito.

5. LA TEORÍA DE LA APARIENCIA

5.1. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA VISIÓN

Para que aparezca la percepción visual de un objeto deben interactuar tres elementos (Figura 5) en nuestro dominio espacio-temporal (tres dimensiones espaciales, más una temporal). Los tres elementos son la luz, el cuerpo material y el observador.

La materia interactuando con la luz en nuestro dominio espacio-temporal son los cuatro elementos (genéticos) responsables de crear la imagen visual en el observador, tal y como comenta Fernanda García Gil³³;

“la materia, en sí misma, es un espacio recorrible, pensable, con múltiples cualidades comunes, ya que el espacio está constituido genéricamente por vacío y materia. Y la luz no es tal sin un espacio en el que extender sus radiaciones y le otorga su razón de denominarse como tal. Luego a estos tres elementos, junto con el tiempo, les denominamos genéticos y son ineludibles para la constitución de cualquier tipo de imagen”.

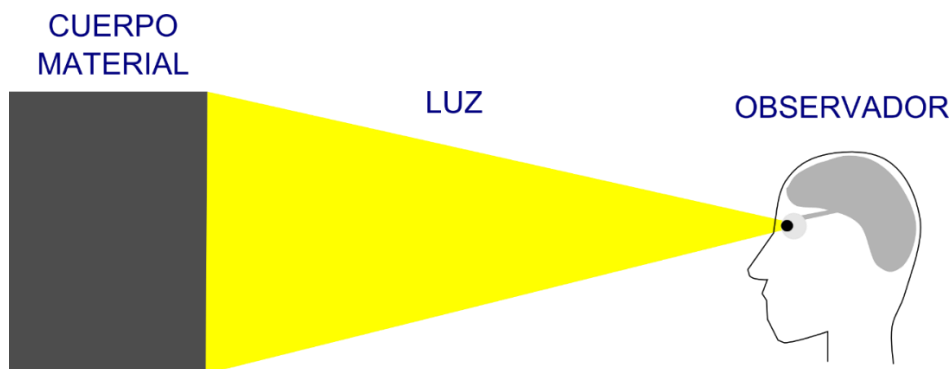


Figura 5

El ser humano ve gracias a la acción de la luz visible. “La luz es la dispensadora de toda presencia” cómo comenta Justo Romero Torres³⁴. Cuando está no existe o no aparece en su entorno entonces no puede ver. La luz visible proviene de los diferentes cuerpos materiales. Estos cuerpos pueden emitir la luz y por lo tanto ser emisores, o simplemente pueden reflejar y/o transmitir la luz que llega desde otros cuerpos o focos emisores.

Una vez que esta luz incide en nuestros ojos, es absorbida y transformada en nuestro cerebro en forma de imagen visual, provocándonos de esta forma la sensación de ver. A la vez que se van creando imágenes visuales, nuestro cerebro las va procesando creando de esta forma una percepción visual del elemento observado.

A continuación pasamos a describir las características de cada uno de estos elementos por separado, para posteriormente analizar detalladamente la interacción que aparece entre estos.

³³ GARCÍA GIL, F; PEÑA MÉNDEZ, M; DIAZ BUCERO, JESUS; ROMERO TORRES, J; LERMA PELAEZ, J.G; (G.I). 2000. *Impresiones Lumínicas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo: Autora: Fernanda García Gil Luz y Sombra: Texto Topográfico de las Imágenes

³⁴ GARCÍA GIL, F; PEÑA MÉNDEZ, M; DIAZ BUCERO, JESUS; ROMERO TORRES, J; LERMA PELAEZ, J.G; (G.I). 2000. *Impresiones Lumínicas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo: Autor: Justo Romero Torres .Louis I. Kahn y su Arquitectura: de la luz al arte

5.1.1. LA LUZ

En este apartado de fundamentación, vamos a mostrar las diferentes características de la luz, ya que esta hace posible nuestra visión. Dado que la luz se define según concepciones y magnitudes físicas, la describiremos y clasificaremos en este sentido. De igual forma, la mostraremos según sus diferentes cualidades y características relacionadas con su acción en los diferentes escenarios que habitamos.

5.1.1.1. La acción de la luz

Vemos gracias a la luz. Cuando esta incide sobre nuestros ojos aparece nuestra sensación de ver. La luz sensible a nuestros ojos oscila entre 380 a 780nm de longitud de onda³⁵ (El nanómetro *nm* es la unidad de longitud que equivale a una mil millonésima parte de un metro), o cuya frecuencia oscila entre los $3,2 \cdot 10^{14}$ Hz y $7,7 \cdot 10^{14}$ Hz (Un hercio *Hz* representa un ciclo por cada segundo, es decir la cantidad de veces que se repite la onda luminosa en un segundo). Cada longitud de onda que llega a nuestros ojos es percibida como un color diferente. Por otro lado, en función de la intensidad con la que llegan estas luces a nuestros ojos, estos colores se perciben con más luminosidad o con menos.

Las luces pueden llegar desde todos los puntos abarcables por nuestro campo visual. Solo cuando vemos algo totalmente negro es cuando podemos decir que no proviene luz visible desde esa dirección. Por lo tanto, las diferentes luces con sus respectivas longitudes de onda y sus intensidades llegando desde los diferentes puntos de nuestro entorno espacial crean lo que llamamos la imagen visual. Dado que la luz suele provenir desde diferentes puntos del espacio, nosotros somos capaces de estimar las diferentes profundidades visuales. La dualidad de nuestros órganos captadores de luz, es decir nuestros ojos, junto con nuestro procesamiento perceptual de la profundidad y la interacción de sentidos, que son inseparables y coexistentes con la vista, hacen que la imagen visual se perciba como tridimensional y no plana.

Por otro lado, nuestra imagen visual es variable y continúa el tiempo. Aunque fijemos nuestra mirada en un objeto, nuestros ojos lo recorren por naturaleza de forma dinámica y continúa. Por lo tanto, somos capaces de interpretar los estímulos que nos llegan a través de la luz tanto en las tres dimensiones espaciales como en la dimensión temporal. De esta forma podemos concretar que la información que disponemos gracias a la acción física de la luz según su *dimensionalidad*:

Espacial:

- *1D. Una dimensión:* Las diferentes longitudes de onda son percibidas de forma unidimensional, por lo tanto se pueden representar a través de un elemento lineal.
- *2D. Dos dimensiones:* La distribución de las longitudes de ondas repartidas sobre nuestro campo visual son percibidas como bidimensionales y se puede representar sobre una superficie.
- *3D. Tres dimensiones:* La estereoscopia junto con el procesamiento perceptual y las interacciones de otros sentidos nos permiten percibir la profundidad y la espacialidad dimensional, es decir la tridimensionalidad, por lo que estas sensaciones visuales se pueden representar sobre un espacio tridimensional.

Temporal:

- *1T. Una dimensión, un sentido:* El cambio de iluminación es percibido en el tiempo. Por lo tanto, la variación de la posición de la luz, la variación de las longitudes y de su distribución sobre la imagen visual, nos da la

³⁵ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons). Pág. 3.

percepción de continuidad temporal. Esta cualidad se puede representar sobre un espacio tridimensional variable, donde en nuestro dominio vital no es posible el cambio de sentido en la dirección temporal, es decir no podemos ir hacia atrás en el tiempo.

La distribución de las diferentes longitudes de ondas, la estereoscopia y la variabilidad temporal son características que actúan de forma conjunta y por lo tanto, son **no** separables en el proceso de la visión humana. Por ejemplo, cuando vemos un objeto, vemos al menos dos colores (5.1.1↔5.3.3.4) a la vez repartidos sobre nuestro campo visual (figura y fondo), es decir nos llegan dos longitudes de ondas visibles diferentes desde nuestro campo visual, por otro lado cuando vemos una figura no podemos evitar establecer perceptualmente su profundidad (5.1.1↔5.3.5.1) respecto a nosotros y por último, aunque lo intentemos, es imposible mantener nuestra visión totalmente estática (5.1.1↔5.3.1.6) al observar una figura. Por lo tanto, todas las dimensiones entran en juego y son inseparables a nuestra percepción.

5.1.1.2. Definición y cualidades físicas de la luz

Vamos a denominar luz, a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. Aunque físicamente el termino luz corresponde a todo el espectro electromagnético conocido, a nosotros solo nos va interesar la franja capaz de estimular nuestros órganos visuales.

Por lo tanto, la luz es una forma de transmisión de energía que parte desde el cuerpo o foco emisor hasta alcanzar un cuerpo receptor capaz de absorberla o de reemitirla. En concreto, la luz es producida en la corteza de los átomos³⁶ que forman la materia, de tal forma que en ciertas ocasiones cuando un átomo por diversos motivos recibe energía algunos de sus electrones pasan a capas electrónicas de mayor energía. En este estado los electrones son inestables cuando existen niveles energéticos inferiores desocupados, por lo que tienden a caer hacia estas posiciones, pero al decaer hacia niveles inferiores la conservación de la energía requiere la emisión de fotones, por lo que se produce de esta forma la emisión (Figura 6). Por lo tanto, podemos definir los fotones como las partículas fundamentales encargadas de llevar el ímpetu y la energía de la luz.

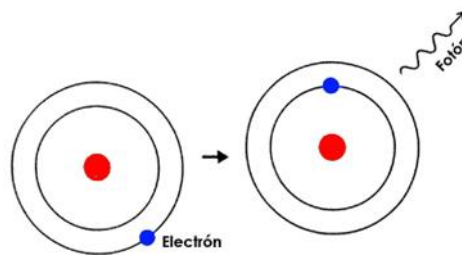


Figura 6

En su desplazamiento, se ha demostrado que la luz tiene una velocidad finita. El valor exacto aceptado para la velocidad de la luz en el vacío es de 299.792.458 m/s. Sin embargo, la luz no siempre viaja por el vacío, también es capaz de propagarse a través de la materia y en este caso la reducción de su velocidad depende de las propiedades dieléctricas del medio y de la energía de la luz. Como veremos más adelante, la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en un medio se denomina índice de refracción del medio. El hecho de que la luz tenga una velocidad finita hace que el proceso

³⁶ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili). Pág. 40-44.

de la visión no sea totalmente simultáneo. En realidad vemos el pasado, ya que según nos separamos del objeto, la luz que proviene de este tarda más en llegar hasta nuestros órganos. En nuestro entorno terrestre cotidiano esta diferencia suele ser mínima y la podemos establecer como prácticamente nula, aunque por ejemplo si miramos el sol lo estamos viendo tal y como era aproximadamente 8 minutos y 19 segundos atrás.

Por otro lado, la luz se propaga en todas las direcciones posibles y en línea recta. Como hemos comentado la luz se desplaza hasta encontrarse con materia que la absorba, pero también puede interactuar con la materia de otras formas; puede ser reflejada y/o puede ser transmitida. Por lo tanto, al interactuar con materia absorbente u opaca se impedirá la propagación en ese sentido, mientras que la transmisión y la reflexión podrán cambiar su dirección de propagación tal y como veremos más adelante. En cuanto a su dirección, aunque la luz generalmente viaja en línea recta, ciertas interacciones pueden hacer que se desvíe, por ejemplo en la difracción, donde el rayo luminoso se curva ligeramente.

Dado que la luz es una radiación que se transmite en forma de onda, manifiesta los fenómenos propios de las ondas, es decir la reflexión, la refracción, la interferencia con otras ondas, la difracción, y el llamado efecto Doppler. Por otro lado, al ser ondas transversales, presentan el fenómeno de la polarización³⁷.

5.1.1.3. La naturaleza de la luz

La luz presenta una naturaleza física compleja. Dependiendo de cómo observemos sus efectos, la luz se puede manifestar de forma dual, es decir, los efectos de la luz se pueden explicar desde dos enfoques teóricos, los cuales no se excluyen entre sí, sino que son complementarios³⁸: el modelo corpuscular y el modelo ondulatorio. Por lo tanto, la posibilidad de entender la luz como partícula y la posibilidad de entender la luz como onda, son las que nos presentan la dualidad onda-corpúsculo.

La luz como una onda electromagnética

Esta teoría, desarrollada por Christian Huygens, considera que la luz es una onda electromagnética. Como toda onda electromagnética consiste en un campo eléctrico que varía en el tiempo generando a su vez un campo magnético y viceversa, ya que como sabemos los campos eléctricos variables generan campos magnéticos según la ley de Ampère, y por otro lado, los campos magnéticos variables generan campos eléctricos según demostró Faraday. De esta forma, la onda se autopropaga transportando energía indefinidamente a través del espacio, con campos magnéticos y eléctricos³⁹ generándose continuamente (Figura 7). La estructura de estas ondas electromagnéticas es sinusoidal, donde el campo eléctrico y el campo magnético son perpendiculares entre sí y respecto a la dirección de propagación.

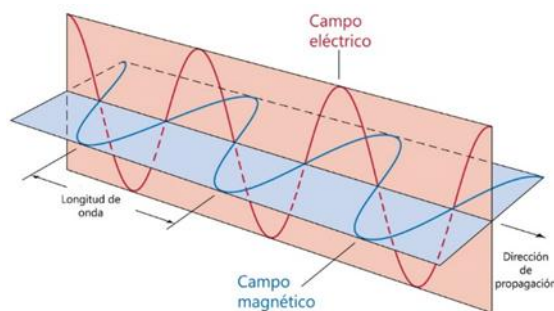


Figura 7

³⁷ WEISSKOPF, Víctor F. 1968. *Como interactúa la luz con la materia*. (Scientific American Sept. 1968. Trad. Jaime Karles G.)

³⁸ CETTO, Ana María. 1995. *La luz en la naturaleza y el laboratorio*. (México, D. F.: Fondo De Cultura Económica, S.A. DE C.V.)

³⁹ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili). Pág. 29-30.

En la imagen en color azul se representa el campo magnético y en rojo el campo eléctrico que es perpendicular a este.

Para poder describir una onda electromagnética⁴⁰ podemos utilizar los parámetros habituales de cualquier onda (Figura 8) que son los siguientes:

- *Amplitud (A)*: Es la longitud máxima respecto a la posición de equilibrio que alcanza la onda en su desplazamiento.
- *Periodo (T)*: Es el tiempo necesario para el paso de dos máximos o mínimos sucesivos por un punto fijo en el espacio.
- *Frecuencia (ν)*: Número de oscilaciones del campo por unidad de tiempo. Es una cantidad inversa al periodo.
- *Longitud de onda (λ)*: Es la distancia lineal entre dos puntos equivalentes de ondas sucesivas.
- *Velocidad de propagación (V)*: Es la distancia que recorre la onda en una unidad de tiempo.



Figura 8

En el caso de la velocidad de propagación de la luz en el vacío, se representa con la letra *c*. La velocidad, la frecuencia, el periodo y la longitud de onda están relacionadas por las siguientes ecuaciones:

$$c = \lambda \cdot \nu = \lambda / T$$

La naturaleza ondulatoria de la luz, o la luz entendida como onda electromagnética transversal de alta frecuencia, se pone de manifiesto en su propagación y fenómenos como:

- La difracción.
- La interferencia.
- La polarización.

La luz como corpúsculo

Esta interpretación de la luz desarrollada por Isaac Newton en el siglo XVII y mejorada posteriormente con el 'Modelo cuántico' de Max Planck a principios de siglo pasado, interpreta la luz como si fuese un torrente de partículas sin carga y sin masa llamadas fotones, capaces de portar todas las formas de radiación electromagnética viajando en todas direcciones y en línea recta.

Esta interpretación resurgió con el paso del tiempo debido a que la luz al interactuar con la materia, intercambia energía en cantidades discretas de energía denominadas cuantos. Estas cantidades son discretas ya que son múltiplos de

⁴⁰ ÁLVAREZ, G.L; SIQUEIROS, J.M. 2005. *¿Qué es la luz? : Historia de las teorías sobre la naturaleza de la Luz.* (Revista Universitaria- UABC No. 50, abril-junio 2005)

un valor mínimo. Este intercambio que no es fácilmente asociable a la luz entendida como fenómeno ondulatorio, es por otro lado entendible en términos de corpúsculos de luz o fotones.

La energía transportada por la luz depende de la frecuencia y de la longitud de su onda. Dado que las dos magnitudes están relacionadas de forma inversa, la energía se puede expresar por cualquiera de las dos magnitudes. En concreto, podemos decir que la luz de menor frecuencia tiene menor contenido energético, mientras que la luz de mayor frecuencia posee mayor energía. Por lo tanto, cada onda luminosa monocromática lleva asociada una energía a través del fotón, cuyo valor es igual a:

$$E = (h \cdot c) / \lambda = h \cdot \nu$$

Donde h es la constante de Planck, igual a $6.626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$, c es la velocidad de la luz, λ es la longitud de la onda y ν es la frecuencia de la onda. Por lo tanto, según aumenta la energía de los fotones, aumenta la frecuencia de la radiación electromagnética, ya que se trata de magnitudes directamente proporcionales. Por ejemplo, si comparamos la energía de un fotón en la frecuencia del rojo con uno en la frecuencia del azul obtenemos que el segundo aporta más energía como podemos observar;

Luz roja de $4,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $E_r = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$, $\times 4,9 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,3 \times 10^{-19} \text{ J}$

Luz azul de $5,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $E_a = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$, $\times 5,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,8 \times 10^{-19} \text{ J}$

Por lo tanto, para la luz visible la energía portada por un fotón se sitúa en torno a $3,5 \times 10^{-19}$ julios; siendo esta energía suficiente para excitar un ojo y dar lugar a la visión.

Por otro lado, la naturaleza corpuscular de la luz se evidencia al interactuar con la materia en los fenómenos de emisión y absorción. En concreto, existen tres efectos que demuestran el carácter corpuscular de la luz:

- La radiación del cuerpo negro.
- El efecto fotoeléctrico.
- La presión luminosa.

5.1.1.4. El espectro electromagnético

El espectro electromagnético (Figura 9) abarca mucho más que la luz visible, de hecho, la luz visible es menor de un uno por ciento del espectro entero el cual incluye las ondas de radio, las microondas, las infrarrojas, las ultravioletas, los rayos X, los rayos gama, incluso los rayos cósmicos⁴¹.

La energía de las ondas electromagnéticas pertenece a una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza junto con las otras tres restantes que son; la fuerza fuerte, la fuerza débil nuclear, y la fuerza de la gravedad. Estas interacciones fundamentales se han intentado unificar en la física moderna. Hasta ahora la interacción débil y la electromagnética se han podido unificar en la interacción electrodébil. En cambio, la unificación de la fuerte con la electrodébil es el motivo de toda la teoría de la gran unificación. Finalmente, la teoría del todo involucraría esta interacción electrodébil con la gravedad.

⁴¹ SANZ. Juan Carlos. 1993. *El libro del color*. (Madrid: Alianza Editorial- Arte) Pág. 44-51

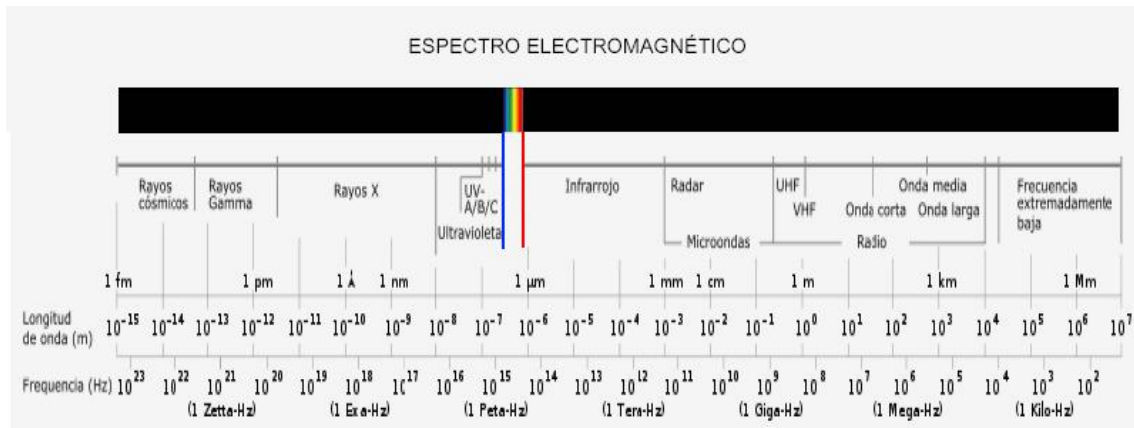


Figura 9

Dentro de la franja visible (Figura 10) que va desde 380 a 780nm, cada longitud de onda se corresponde con un color visible siguiendo la secuencia del arco iris. El ser humano puede llegar a distinguir hasta aproximadamente 10.000 colores⁴².

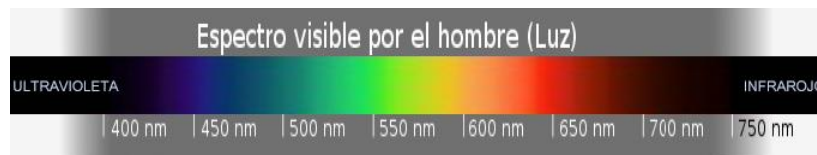


Figura 10

5.1.1.5. La luz visible

Vemos cuando los fotones que son emitidos por los cuerpos en interacción energética y cuyas frecuencias caen en el rango de frecuencias de la luz visible llegan a nuestros receptores. Eso es precisamente lo que sucede en fenómenos de emisión tan diversos como el que aparece en la llama del fuego, en un filamento incandescente o en la luz procedente del sol.

Hay muchas formas de producir un estímulo coloreado que produzca en nuestro sistema visual la sensación de color. Según Berns⁴³, Nassau (1983) ha definido 15 causas: Incandescencia, excitaciones de gas, vibraciones y rotaciones, transiciones de composiciones metálicas, transiciones de impurezas metálicas, composiciones orgánicas, transferencia de carga, metales, semiconductores puros, semiconductores activados, centros de color, refracción por dispersión, scattering, interferencia, y difracción. Podemos dividir estas en dos categorías⁴⁴:

- **Colores no relacionados** → cuando la luz coloreada interactúa con nuestro sistema visual directamente (Color percibido que pertenece a un área vista de forma aislada respecto de otros colores - CIE 17.4⁴⁵) → cambio de iluminación, del objeto o del observador hace que cambie la sensación de dicho color.

⁴² ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

⁴³ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons). Pág. 2

⁴⁴ ARTIGAS, J. M.; CAPILLA, P.; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Tecnología del color*. (Valencia: Universitat de Valencia).

⁴⁵ CIE 17.4 1987. *International Lighting Vocabulary* (4th ed. Joint Publication IEC /CIE)

- **Colores relacionados** → cuando la luz coloreada es producida por la interacción de una fuente de luz con un material (Color percibido que pertenece a un área vista en relación con otros colores- CIE 17.4) → al existir interacción la sensación de color cobra más constancia.

Por otro lado, la luz procedente de emisión primaria puede ser reflejada, refractada, absorbida parcialmente por diferentes materias, y esta es la forma en la que podemos ver los objetos que no son focos de emisión o emisores, cuando esta luz nos llega en el rango de longitudes de onda visible. Las longitudes de onda para cada color son las siguientes (Figura 11):

Color	Longitud de onda
violeta	~ 380-450 nm
azul	~ 450-495 nm
verde	~ 495-570 nm
amarillo	~ 570-590 nm
naranja	~ 590-620 nm
rojo	~ 620-750 nm

Figura 11

Además de estos colores, el ser humano puede ver otros que aparecen de la interacción de las diferentes longitudes de onda actuando a la vez. Por lo tanto, vemos colores que no aparecen en esta franja. En primer lugar el blanco. El blanco lo vemos cuando la luz que nos llega es una combinación de todas las radiaciones anteriores. El negro es la ausencia de luz, un objeto negro puro no nos envía luz alguna. Vemos su forma debido al contraste con el escenario iluminante en el que se encuentra, si no sería imposible percibirlo visualmente. Un objeto de color gris medio nos envía una combinación análoga a la blanca pero con la mitad de intensidad. En general, según se va reduciendo progresivamente la intensidad de la luz que llega a nuestros ojos el color que vemos se va oscureciendo hasta convertirse en negro. Otros colores como por ejemplo marrones o rosas aparecen por la combinación de unas frecuencias, así como la ausencia de otras.

Podemos estudiar de esta forma el color sensible mediante su espectro de reflectancia o de reemisión⁴⁶ que es un diagrama que muestra las radiaciones que son reflejadas por una superficie situada bajo la luz incolora convencional (Figura 12), o dicho de otra forma, el espectro muestra las radiaciones sensibles a nuestros ojos cuando son reflejadas por cualquier objeto de color cuando es iluminado (5.1.1↔5.2.2.3↔5.3.3.3↔6.1.6↔6.2.2), mostrando en ordenadas la cantidad de energía luminosa y en abscisas las frecuencias (luz y color).

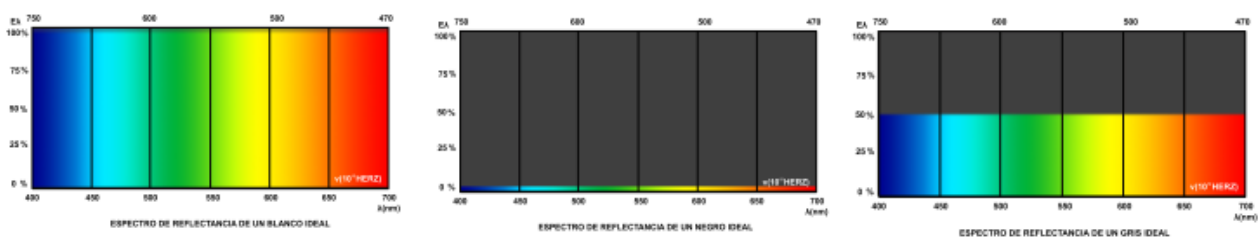


Figura 12

⁴⁶ TORNUST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili) Pág. 46-52

Si observamos la franja del espectro visible de un blanco ideal (Figura 12a) ocupa casi toda la superficie, mientras que el negro casi nada (Figura 12b).

Por otro lado, si observamos el espectro de un gris ideal (Figura 12c) podemos comprobar que ocupa la mitad de la superficie del espectro.

En general el color de un objeto no está formado por una sola frecuencia sino por una combinación de estas, por ejemplo en el caso de un rojo y un azul ideales (Figura 13) sus espectros de reflectancias estarían formados por las siguientes combinaciones de frecuencias a plena energía;

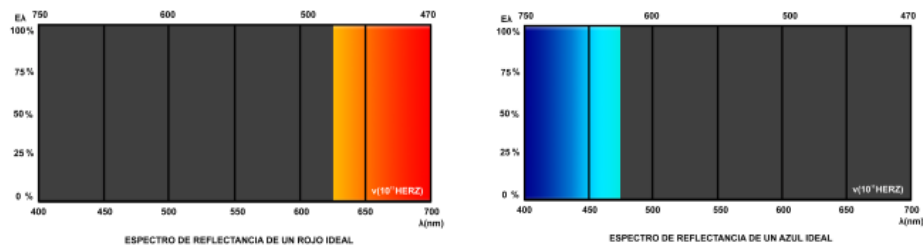


Figura 13

En los casos anteriores hemos elegido unas reflectancias ideales, en realidad las reflectancias de los colores de los objetos son variables tanto en frecuencia como en energía. A continuación se muestran (Figura 14) espectros de reflectancia transmitidos por superficies de color de objetos reales, por ejemplo el blanco representa el de la página blanca de un libro.

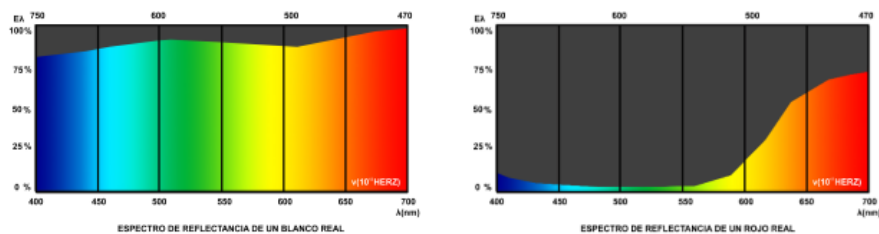


Figura 14

5.1.1.6. Magnitudes físicas de la luz

Existen diferentes magnitudes⁴⁷ que atienden a las diferentes definiciones y concepciones físicas.

El flujo luminoso (Potencia luminosa)

El flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de luz emitida o radiada, en un segundo, en todas las direcciones. De una forma más precisa, se llama flujo luminoso de una fuente a la energía radiada que recibe el ojo medio humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo.

⁴⁷ INDALUX. 2002. *Manual de luminotecnia*. (Catálogos de Indalux. Iluminación Técnica, S.L. –INDALUX. http://www.construmatica.com/empresa/industrias_derivadas_del_aluminio_sa_indalux/catalogos). Catálogo 05 Magnitudes luminosas.

El flujo luminoso se representa por la letra griega Φ y su unidad es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor $540 \cdot 10^{12}$ Hz, y por un flujo de energía radiante de $1/683$ W. Un watio de energía radiante de longitud de onda de $555nm$, en el aire equivale a $683 lm$ aproximadamente.

Cantidad de luz (Energía luminosa)

De forma análoga a la energía eléctrica que se determina por la potencia eléctrica en la unidad de tiempo, la cantidad de luz o energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo.

La cantidad de luz se representa por la letra Q , y su unidad es el lumen por hora ($lm \cdot h$). La fórmula que expresa la cantidad de luz es:

$$Q = \Phi \cdot t \quad (lm \cdot h)$$

Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al flujo emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. Su símbolo es I , su unidad es la candela (cd), y la fórmula que la expresa:

$$I = \Phi / \omega$$

Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido ω .

Al igual que a una magnitud de superficie le corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes.

El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. El estereorradián se define como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera (Figura 15).

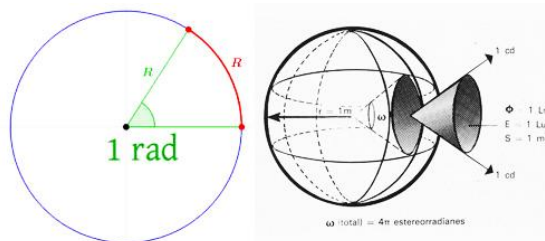


Figura 15

La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián (sr).

Según el S.I., también se define candela como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ Hz y cuya intensidad energética en dicha dirección es $1/683$ watios por estereorradián.

Iluminancia (Nivel de iluminación)

La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra E , y su unidad es el lux (lx).

La fórmula que expresa la iluminancia es:

$$E = \Phi / S$$

Se deduce de la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie.

Según el S.I., el lux se define como la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen, repartido sobre un metro cuadrado de superficie.

Luminancia

Se llama Luminancia al efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz.

La luminancia mide brillo de las fuentes luminosas primarias y de las fuentes que constituyen los objetos iluminados. Este término ha sustituido a los conceptos de brillo y densidad de iluminación, aunque como concepto nos interesa recordar que el ojo no ve colores sino brillo, como atributo del color. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Se puede decir, por lo tanto, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación (a igual iluminación, diferentes objetos tienen luminancia distinta porque tienen distinto poder de reflexión).

La luminancia de una superficie iluminada es el cociente entre la intensidad luminosa de una fuente de luz, en una dirección, y la superficie de la fuente proyectada según dicha dirección.

$$L = I / \text{Superficie aparente} = I / S \cdot \cos\beta$$

Su unidad la candela/metro cuadrado llamada “nit (nt)”, con un submúltiplo, la candela/centímetro cuadrado o “stilb”, empleada para fuentes con elevadas luminancias.

El área proyectada es la vista por el observador en la dirección de observación. Se calcula multiplicando la superficie real iluminada por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa (Figura 16). La luminancia es independiente de la distancia de observación.

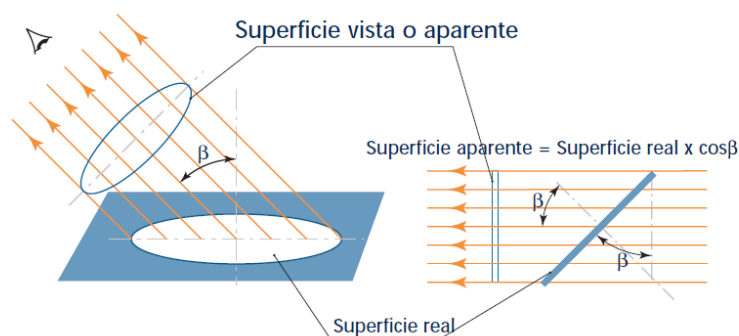


Figura 16

5.1.1.7. La atenuación lumínica y la radiosidad

Dado que la luz se desplaza en línea recta, los rayos procedentes de un foco puntual tenderán a separarse al aumentar la distancia en la misma dirección que un globo esférico que se va hinchando cada vez más. De esta forma, una superficie pequeña cercana a un foco luminoso, recibirá igual cantidad de luz que otra más grande a mayor distancia. Por lo tanto, la intensidad luminosa decrece al separarnos del foco luminoso según *la ley del cuadrado inverso* que dice lo siguiente:

"Cuando una superficie está iluminada por un foco de luz puntiforme, la intensidad de la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia respecto al foco de luz."

$$I = 1 / d^2$$

Por lo tanto, si la distancia se dobla respecto de un foco, la intensidad decae un cuarto y no un medio. No obstante, en nuestros escenarios cotidianos pueden existir varios focos emisores y multitud de cuerpos reflectores, por lo que cuando un foco ilumina se produce un efecto de interreflexión o radiosidad donde los diferentes cuerpos difunden la luz del foco entre sí por todo el entorno, incrementando la iluminación media y suavizando las sombras. Por lo tanto, para notar el efecto de esta atenuación deberíamos utilizar un cuarto oscuro donde no existieran otros objetos capaces de reflejar también la luz del foco.

Por otro lado, en escenas cotidianas también se produce una atenuación atmosférica debida al medio donde viaja la luz, es decir debida al aire, a la niebla o al humo. Por ejemplo en el caso del aire pueden existir partículas de polvo que hagan que la luz que nos llega quede atenuada o mezclada con un cierto color proveniente de la interacción con estas partículas. Cuando las partículas son de agua se produce la atenuación debida a la niebla y cuando se deben a ciertos gases la atenuación se debe a humos. En general, esta es la razón de cuando miramos en un paisaje que la imagen pierda nitidez en la lejanía y que los fondos se tornen hacia ciertos matices coloreados.

La determinación de la iluminación global de una escena es compleja. Calcular la cantidad de luz que cada superficie reflectora aporta a la escena es una tarea compleja. En la modelización de gráficos tridimensionales se utiliza la radiosidad. La radiosidad es un conjunto de técnicas para el cálculo de la iluminación global de una escena virtual que tratan de simular las condiciones lumínicas de un entorno real.

5.1.1.8. Fuentes de luz

Gran parte de la luz visible proviene de los cuerpos incandescentes. Esto nos indica que el calor se encuentra asociado con la emisión de luz⁴⁸. Cuando calentamos un material, lo que estamos haciendo es que sus átomos o moléculas se muevan con mayor velocidad. La temperatura resultante se debe la energía cinética de dichos átomos, o lo que es lo mismo, de su masa y velocidad. El movimiento desordenado de estos átomos produce colisiones entre ellos. En estas colisiones, parte de la energía suele transferirse a las partículas subatómicas y de esta forma un electrón de la banda de valencia puede pasar a la banda de conducción. Cuanto mayor sea la temperatura, es decir cuanta más energía cinética tengan los átomos y moléculas, mayor es la probabilidad de dicho traspaso.

Por lo tanto, al calentar el material, estamos excitamos los electrones que forman parte de su materia. Estos electrones pasan a la banda de conducción desde la banda de valencia. Según estos mismos electrones terminan volviendo a la banda de valencia van produciendo la emisión espontánea de fotones, este proceso se conoce como radiación de “*cuero negro*”⁴⁹. La bombilla o la resistencia de un radiador son ejemplos de este proceso donde se calienta un material y da luz.

⁴⁸ SANZ, Juan Carlos. 1993. *El libro del color*. (Madrid: Alianza Editorial- Arte). Pág. 56-57.

⁴⁹ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili). Pág. 36.

El color de la luz visible del material incandescente depende de dos factores; En un primer lugar de las diferencias energéticas posibles entre estados en la banda de conducción y la de valencia, de tal forma que un material sólo puede emitir las longitudes de onda que absorbe, y por otro lado, la temperatura aplicada al cuerpo. Según aumenta la temperatura se llena más la banda de conducción, produciendo de esta forma fotones de diversos colores que actuando simultáneamente en sus diferentes longitudes de onda se van acercando a la luz blanca.

Por ejemplo, cuando encendemos una bombilla, el filamento se pone rojo debido a que actúan los fotones de menor energía, como vimos los del rango de 620–750nm, luego según se va calentando el filamento se vuelve amarillo y luego pasa a blanco. Esto se debe a que en este momento se produce una mezcla de fotones que abarcan las longitudes de onda de todo el espectro visible, ya que la temperatura alcanzada hace que haya electrones más arriba en la banda de conducción.

A la hora de establecer patrones de referencia lumínicos, nuestra mayor fuente de luz, el sol, no nos es válido debido a las grandes variaciones que sufre, por lo que su comparación podría variar de unas situaciones a otras al no presentar una distribución espectral constante. Por lo tanto, para establecer unas fuentes de luz comparables y de referencia la Comisión Internacional de Iluminación (CIE⁵⁰) propuso el uso de unos iluminantes o blancos de referencia. Un iluminante es una fuente de luz normalizada que se puede representar mediante una tabla estandarizada de valores que representan a emisores de luz típicos. Estos iluminantes definen luces teóricas por lo que serán realizables o no realizables físicamente.

Los iluminantes representan a blancos que parecen más anaranjados o azulados en función de lo que se conoce como temperatura del color que es una propiedad física de cada fuente de luz. La temperatura de color es la temperatura medida en grados Kelvin a la que hay que calentar un radiador de energía o fuente de radiaciones, denominado cuerpo negro para que emita radiaciones de determinadas longitudes de onda⁵¹. Así, a temperaturas bajas, este manantial patrón radiará energía que se hace visible con longitudes de onda largas con tonos rojizos, mientras que a altas temperaturas llegará a emitir radiaciones de frecuencias elevadas con tonos azules (Figura 17), tal y como hemos visto en el ejemplo anterior.

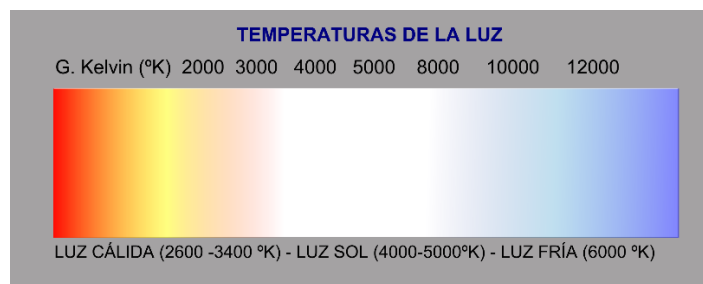


Figura 17

La CIE clasifica los blancos de referencia en función de la temperatura del color de la siguiente forma:

-*Iluminante A*: Corresponde a la luz emitida por una lámpara de filamento de wolframio. Equivale a la luz emitida por el cuerpo negro a una temperatura de 2.856°K.

-*Iluminante B*: Corresponde a la luz solar de mediodía. Su temperatura de color es de 4.874°K.

-*Iluminante C*: Luz del día en el hemisferio norte sin Sol directo (sin radiación ultravioleta). La temperatura para este iluminante es de 6.774°K.

⁵⁰ CIE 15. 2004. *Colorimetry*. (Vienna: CIE Central Bureau, 2004, 3rd edition, 2004)

⁵¹ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Sztzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons) Pag 4-5.

-*Illuminante D (D65)*: Mezcla de luz solar y cielo nublado (con presencia ultravioleta). Temperatura de color de 6.500°K. Es el adoptado actualmente como blanco de referencia para la televisión en color.

-*Illuminante E*: Es el blanco equienergético y representa al blanco que se obtiene al estar presentes todas las longitudes de onda del espectro visible con igual energía. Su temperatura de color es de 5.500°K.

5.1.1.9. Luminiscencia

La mayoría de colorantes y pigmentos disipan la luz absorbida en forma de calor. Sin embargo, no toda luz proviene de un cuerpo aportando energía calorífica. La luminiscencia es todo proceso de emisión de luz cuyo origen no radica exclusivamente en las altas temperaturas sino que, por el contrario, es una forma de "*luz fría*" en la que la emisión de radiación lumínica es provocada en condiciones de temperatura ambiente o baja.

Los materiales *fluorescentes* reemiten la luz absorbida en ondas más largas. La luz emitida es difusa. *Agentes blanqueadores fluorescentes*⁵² (FWAs) absorben radiación ultravioleta entre 300 y 400nm y reemiten esta radiación como luz de entre 400 y 500nm. FWAs son usados comúnmente para papeles y textiles blanqueados. Los colorantes fluorescentes absorben y emiten luz dentro del espectro visible. La cantidad de emisión fluorescente depende de las propiedades espectrales de la fuente de luz iluminando la muestra.

Esta propiedad única hace que las mediciones de materiales fluorescentes complejos deban ser precisas. Idealmente, la fuente de luz en un instrumento usado para medir colores fluorescentes debería tener las mismas propiedades espectrales que el entorno visible usado para iluminar el material. Pero esto raramente ocurre, se usan técnicas elaboradas para estimar las propiedades espectrales de materiales fluorescentes iluminados por un iluminante CIE como por ejemplo D65.

Por otro lado, algunos materiales aguantan la luz absorbida y la reemiten una vez pasado un periodo de tiempo. Este proceso es conocido como *fosforescencia*. Los *fósforos* los encontramos comúnmente en lámparas fluorescentes y en pantallas CRT donde tres tipos de fósforos emiten luz roja, verde y azul cuando son excitados por un haz de electrones.

5.1.1.10. Tipos de luces

A parte de los diferentes tipos de iluminantes, los diferentes tipos de luces se pueden clasificar atendiendo a diversos factores. Las luces se pueden clasificar en función de su naturaleza, en función de la forma de su proyección, en función de su colocación y posicionamiento, en función de la forma del foco emisor, en función de los filtros que encuentra en su camino, en función de su potencia e intensidad, en función de su interacción, etc. Cada luz tendrá unas características propias en torno a cada una de estas cualidades, por lo que el abanico que podemos encontrar de posibles tipos de luz es enorme.

Pasamos a describir algunas características de estas luces:

Clasificación en función de su naturaleza

⁵² BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

Las luces pueden ser de dos tipos naturales y artificiales. Las luces naturales son las que aparecen en nuestros entornos sin que hayan sido provocadas por la mano del hombre, mientras que las artificiales son aquellas que aparecen debido a la acción humana.

El *sol* es la principal luz natural y nuestra mayor fuente de luz y de vida. También, existen otras luces naturales pero que actúan en mucha menor medida como es la luz que viene reflejada de la luna o las luces que nos llega desde otras estrellas. En nuestro medio ambiente también podemos encontrar ejemplos de luces naturales como las que se originan en un volcán o las que proyectan ciertos insectos como las luciérnagas.

En cuanto a las luces artificiales podemos encontrar una gran variedad que va desde la luz provocada por la *combustión* como puede ser la de un fuego provocado, la de una antorcha o la de una vela, hasta la generada a partir de la *electricidad* como la luz de una bombilla incandescente, la luz de un fluorescente, la de un láser o la de una moderna luz LED.

Dado que la luz del sol y de algunas luces artificiales conforman la mayoría de las luces que nos iluminan las trataremos detenidamente un poco más adelante.

Clasificación en función de la forma de su proyección

Aunque las fuentes luminosas generalmente emiten luz en todas las direcciones del espacio, es decir de forma esférica. La forma del foco o del recipiente que alberga la luz puede provocar que su proyección sea diferente.

En primer lugar tenemos las luces *omnidireccionales* (5.1.1.10↔7.2.3.5) es decir las que no tienen ningún elemento que oculte su proyección, por lo que su efecto se reparte por todos los lugares del espacio (Figura 18). Estas luces pueden considerarse puntuales o esféricas y generalmente suelen ser naturales como por ejemplo la luz del sol o la de las estrellas.

Por otro lado, están los *focos*. Este tipo de iluminación proyecta la luz de forma cónica o piramidal, siendo su vértice el origen de la luz puntual y la forma del perímetro de su base queda definida por los límites del recipiente del foco. Ejemplos de este tipo son los focos que se colocan en diferentes partes de un edificio para iluminar partes concretas de sus espacios.

Además de los tipos anteriores, existen las luces *direccionales* que emiten rayos paralelos como si estuvieran localizadas en el infinito. Por lo tanto, este tipo de iluminación proyecta la luz de forma lineal, es decir sin abertura cónica, manteniendo su grosor de acción a lo largo de su recorrido. Un ejemplo de este tipo de luz pueden ser los cañones de luz o en el rayo luminoso que proyecta un láser.

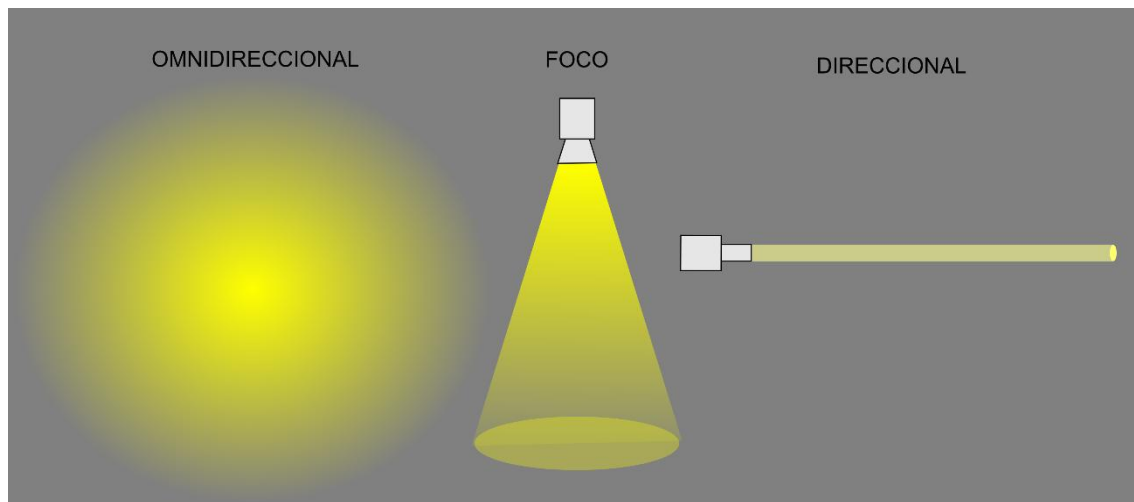


Figura 18

Clasificación en función de la forma de su colocación y su posición

En función de la posición en la que se ilumine un objeto y su colocación en el espacio pueden existir diferentes tipos de luces. Cada tipo de estas luces tiene la cualidad de cambiar la apariencia de los objetos sobre los que se proyectan, por lo tanto nos es de gran interés conocer estos diferentes tipos.

En primer lugar, en función de la *distancia* de la luz hasta el objeto iluminado su apariencia puede cambiar en gran medida en concreto en relación a la luminosidad que este es capaz de reflejar. Como hemos visto, según retiramos el doble de distancia respecto del foco emisor la intensidad se va perdiendo con la proporción de un cuarto. Por lo tanto, la luminosidad que este refleja se pierde en la misma medida cambiando su aspecto de esta forma. En función de la colocación de la luz respecto del objeto que ilumina podemos encontrar diferentes variantes:

Cuando la luz proviene desde arriba entonces se denomina *cenital* (Figura 19), si esta luz es artificial debe estar sujeta a alguna estructura que la soporte. Ejemplos de este tipo son las luces que colocamos en los techos de las habitaciones o las luces de las farolas que iluminan verticalmente hacia debajo de la misma forma que lo hace el sol cuando se sitúa sobre nuestras cabezas.

Cuando la luz proviene desde alguno de los lados del objeto iluminado entonces se denomina *lateral*. Este tipo de luz simula la luz del sol antes de ponerse y favorecen la visión de las partes verticales de los objetos.

Cuando la luz se sitúa en un punto intermedio a los anteriores entonces se denomina *oblicua* y sus efectos responden a como se posiciona respecto a alguno de las localizaciones anteriormente comentadas.

Cuando la luz proviene de la parte baja tenemos una luz *nadir*. Este tipo de posicionamiento provoca apariencias totalmente diferentes a las que aparecen con la luz del sol, por lo que se utilizan en ciertas ocasiones para focalizar y llamar la atención del objeto iluminado.

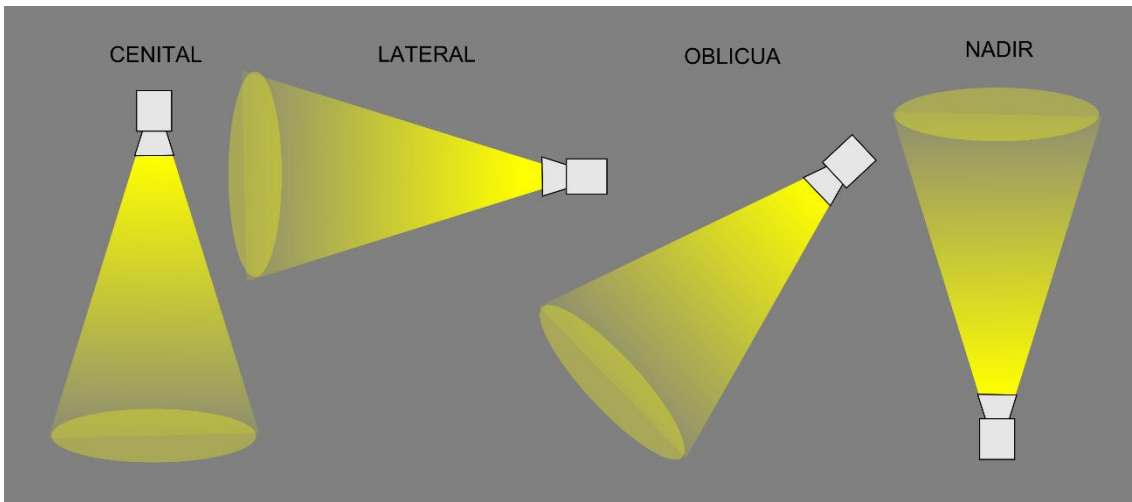


Figura 19

Por otro lado, no todas las luces son estáticas. El mejor ejemplo es el de luz del sol, pero también nos podemos encontrar con luces en movimiento o luces en *moción*. Este tipo de luces hacen que la escena o el objeto iluminado cambien de apariencia según estas se van desplazando o girando. El grado de variabilidad dependerá de la velocidad con la que se desplacen que puede ser en rangos que van desde años a milésimas de segundos.

Clasificación en función de la forma del foco emisor

No todas las luces son *puntuales*, además de las luces puntuales nos podemos encontrar con luces *lineales* y con luces *superficiales* (Figura 20).

Las luces lineales suelen seguir un recorrido y son ideales para indicar un desplazamiento o dirección a seguir. El desarrollo de estas luces puede ser en línea recta, en línea curva o ser una combinación de ambas. También pueden formar figuras cerradas como circunferencias o polígonos delimitando de esta forma un área de acción.

Las luces superficiales rellenan el perímetro de diferentes figuras. Puede atender a figuras regulares, a figuras abstractas e incluso a representaciones significativas. Por lo tanto, mediante la emisión de diferentes luces desde un mismo foco se puede representar cualquier tipo de imagen y como ejemplo tenemos los actuales monitores LED.

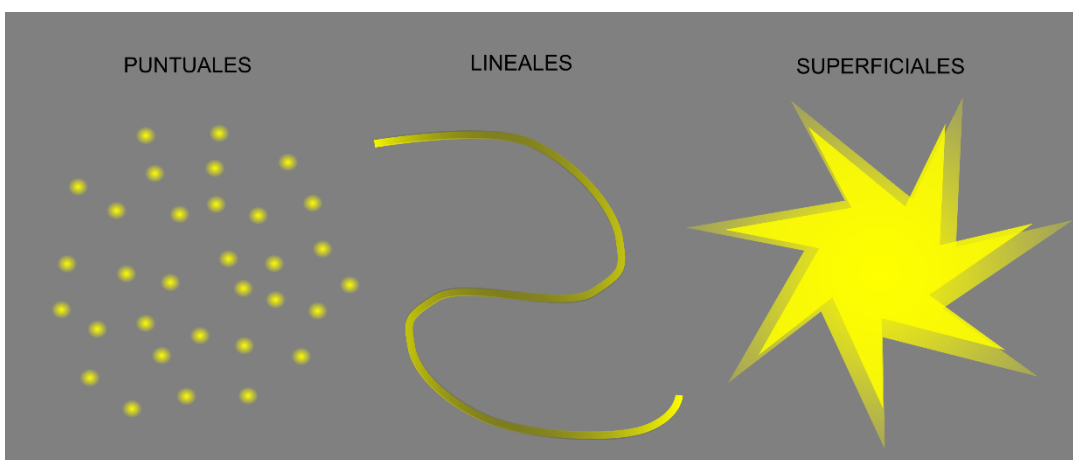


Figura 20

Clasificación en función de la potencia e intensidad

Evidentemente existe una clasificación de las luces en función de su potencia e intensidad, sobre todo en torno al mundo de las luces artificiales. Según las necesidades de iluminación artificial de cada espacio se debe elegir un tipo de potencia e intensidad, que va desde la iluminación mínima de un pequeño armario empotrado hasta la iluminación de un estadio de fútbol.

Esta clasificación se establece atendiendo a las diferentes magnitudes lumínicas como son el *Watio*, el *Lumen*, la *Candela*, el *Lux* y el *Nit*.

Clasificación en función de los filtros que encuentra en su camino.

La luz puede llegar al objeto que ilumina de forma directa es decir sin ningún obstáculo por el camino o puede llegar después de haber atravesado diferentes filtros o haber sido redirigida debido a reflexiones y refracciones.

La luz totalmente *directa* no la solemos percibir, ya que nuestro medio natural es el aire y está interactúa también con él. Sin embargo, dado que en ciertas ocasiones el aire de nuestra atmosfera está bastante limpio cuando la luz nos llega con estas condiciones también se considera directa.

Por otro lado, la luz puede encontrarse diferentes filtros que la modifican convirtiéndola en luz *difusa*. Esta es la luz que llega después de atravesar filtros translucidos que la difuminan como por ejemplo la luz del sol en un día nublado o la luz de una farola en una noche con niebla. Este efecto también se puede conseguir con luces artificiales colocándoles un filtro translucido.

Cuando el filtro es de color entonces obtenemos una luz *coloreada*. Este tipo de filtros lo que hacen es que dejan pasar solamente ciertas longitudes de onda creando de esta forma el efecto de la luz de color. Existen también diferentes emisores que no emiten en todas las frecuencias visibles por lo que en este caso su luz también se percibe como coloreada.

El efecto de la reflexión y refracción de la luz en otros objetos hace que llegue desde otras direcciones al objeto iluminado. Cuando en una escena hay multitud de objetos reflectantes y refractantes entonces aumenta la luminosidad y la direccionalidad de la luz creando lo que se denomina una iluminación *ambiental*, que depende además del tipo de iluminación de los diferentes objetos que componen la escena. Esta interreflexión o radiosidad puede colorear el entorno. Si las superficies difusas son de un color, la luz reflejada es también de color, lo que resulta en una coloración similar en los objetos circundantes.

Cuando la luz encuentra un obstáculo opaco o translucido crea una *sombra* en el lugar de su proyección. La sombra se mostrará tan contrastante como sea la opacidad del obstáculo, la intensidad del foco y la reducción del efecto de otras luces o de la luz ambiental. La sombra de elementos translucidos baja su oscuridad en función del grado de translucidez y cuando el objeto es coloreado proyecta su color, ofreciendo llamativas sombras de colores.

Clasificación en función de su interacción con otras luces

En nuestros escenarios cotidianos podemos encontrarnos con la acción de un *único* foco emisor, como puede ser en un escenario natural diurno con el exclusivo foco del sol, o podemos encontrarnos con la acción *mixta* de varios focos actuando simultáneamente.

Cuando varios focos actúan a la vez aumentan la luminosidad de la escena y aportan sus cualidades características en su proyección a los objetos que aparecen en ella. Por lo tanto, las posibilidades de combinación son infinitas.

Por otro lado, en el rango temporal podemos encontrar luces *constantes* y luces *variables*. Las luces constantes son aquellas que mantienen fijas sus cualidades de iluminación a lo largo del tiempo, mientras que las luces variables, pueden mostrarse *intermitentes*, con variación de *intensidad*, con variación de *color*, etc en el transcurso temporal.

5.1.1.11. La variación lumínica como una constante

En la dimensión temporal toda luz es efímera. La luz del sol está constantemente variando y la luz artificial también. Incluso la célebre bombilla con filamento de carbono⁵³ del cuartel de bomberos de California que lleva instalada desde 1901, ha dejado de emitir luz en alguna ocasión debido a algún apagón (abc.es) y aun así no deja de asombrarnos siendo un caso especial.

El hecho de que la luz esté constantemente variando hace que la apariencia de los objetos también lo haga. Por lo tanto las formas y colores de objetos se ven en constante cambio. Sin embargo, los percibimos como estables, esto se debe al recurso perceptual de la *constancia* que nos permite seguir reconociéndolos e identificándolos en el transcurso del tiempo, ya sea en momentos continuos o en espacios temporales discontinuos.

5.1.1.12. La luz natural del sol

El Sol es la causa de vida de la Tierra, el responsable del clima⁵⁴ y de aportar la mayor parte de la energía luminosa que le llega desde el exterior. El sol es una estrella pequeña con unos 1,4 millones de kilómetros de diámetro. A pesar de ser una estrella enana dentro del sol se podrían contener 1,3 millones de Tierras. El Sol pertenece a la vía láctea por lo que está en constante movimiento. En torno a él, a su vez se encuentran girando ocho planetas formando el Sistema Solar siendo la Tierra el que queda en tercer lugar en proximidad, separándose una distancia media de unos 150 millones de kilómetros respecto del Sol, ya que esta no es constante.

La luz que emite el Sol ocupa todas las longitudes de onda, sin embargo, no emite la misma cantidad de energía en todas ellas. Aproximadamente el 40% de la energía emitida por el Sol está en la porción visible del espectro y 50% en el infrarrojo; casi todo el resto está en el ultravioleta. La emisión continua de rayos X y de ondas de radio del Sol es sumamente baja y sólo aumenta esporádicamente debido a la ocurrencia de ciertos eventos solares explosivos. Por otro lado, nuestra atmósfera sólo permite la penetración de la radiación que se encuentra en dos regiones específicas del espectro: la región visible y una región de ondas de radio que va desde un 1 mm hasta 30 m incluyendo de esta forma las microondas. A estas dos regiones se les llama *ventanas atmosféricas*, y toda la radiación proveniente del exterior con longitudes de onda distintas de éstas es absorbida o dispersada por la atmósfera y no llega a la corteza terrestre.

La radiación solar se genera por la superficie incandescente del Sol a 5.700°K, es decir con la temperatura a la que tiende a semejarse el *Iuminante B*, tal y como vimos. La radiación recorre hasta llegar al exterior de la atmósfera de la Tierra, incidiendo con una intensidad constante de 1353 W/m², llamada constante solar de la radiación extraterrestre. Sin embargo, la radiación solar que llega a la superficie de la tierra no suele superar los 1000 W/m², debido a la absorción y reflexión de la atmósfera, y a la inclinación de los rayos solares. Toda la energía radiante absorbida por la cara soleada de la tierra se equilibra con la irradiación infrarroja que toda la superficie de la tierra reenvía al espacio.

⁵³ NIEVES, J.M. 2011. *El misterio de la bombilla encendida desde 110*. (ABC: ES CIENCIA. <http://www.abc.es/20110623/ciencia/abci-misterio-bombilla-encendida-desde-201106231033.html>). Artículo.

⁵⁴ KONYA, Allan. 1981. *Diseño en climas cálidos* (Madrid: Blume Ediciones)

La tierra gira en torno al Sol, en lo que denominamos un año solar y a su vez gira en torno a su mismo eje en lo que denominamos un día en la tierra (Figura 21). Sin embargo, de la misma forma que cuando estamos montados en un tren y experimentamos la sensación de que nosotros estamos quietos y el resto es lo que mueve, nuestra percepción hace que en la tierra lo que experimentemos es que el sol se mueva y que la tierra se mantenga estable, apareciendo de esta manera los estados lumínicos del día y la noche con el aparente movimiento del Sol. Según van avanzando las estaciones también observamos sobre la bóveda de nuestro cielo una leve variación del Sol de un día respecto de otro⁵⁵. Esto se debe a que la órbita de la Tierra respecto del Sol no es una circunferencia perfecta y a que el eje de la Tierra está levemente girado respecto a este, por lo que además de los movimientos de *rotación* y *traslación*, existe un movimiento de *precesión* causado por el momento de fuerza ejercido por el sistema Tierra-Sol en función del eje de rotación terrestre con respecto al Sol que es alrededor de $23,43^\circ$. Y también existe un movimiento de *nutación* y *bamboleo de Chandler*.

MOVIMIENTOS DE ROTACIÓN Y DE TRASLACIÓN DE LA TIERRA

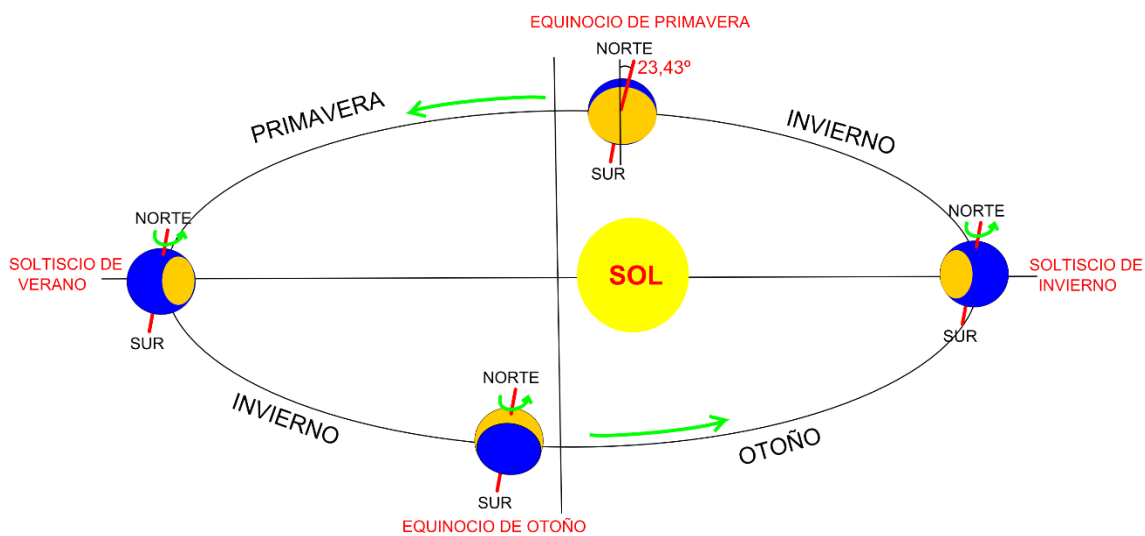


Figura 21

En los equinoccios la noche dura igual que los días, y ambos hemisferios reciben igual cantidad de soleamiento, marcando el cambio de estación. El solsticio de verano es el día con más horas de sol y con el máximo soleamiento del hemisferio, mientras que el solsticio de invierno es el día más corto y con soleamiento mínimo, con temperaturas mínimas a finales de enero. En el hemisferio sur el proceso es idéntico pero con un desfase de 6 meses.

No obstante, para el análisis del soleamiento se supone que el sol realiza su recorrido a lo largo de la bóveda celeste de la misma forma en la que lo percibimos habitualmente. Para ello utilizamos nuestro lugar de referencia en la superficie terrestre que obtenemos mediante las coordenadas terrestres que son la latitud y la longitud que tienen como referencia el ecuador y el meridiano de Greenwich. Si conocemos estas coordenadas nos podemos situar en cualquier punto de la superficie terrestre. Una vez situados, los puntos singulares de la bóveda o hemisferio celeste se definen por el punto más alto o *cenit* y el plano del horizonte con las orientaciones principales de los puntos cardinales, es decir Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (W).

Las coordenadas celestes (Figura 22) nos permiten localizar cualquier punto del hemisferio por su Altura (A) sobre el horizonte y su Azimut (Z) o desviación al este u oeste del Sur.

⁵⁵ OLGYAY, Víctor. 2002. *Arquitectura y Clima*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

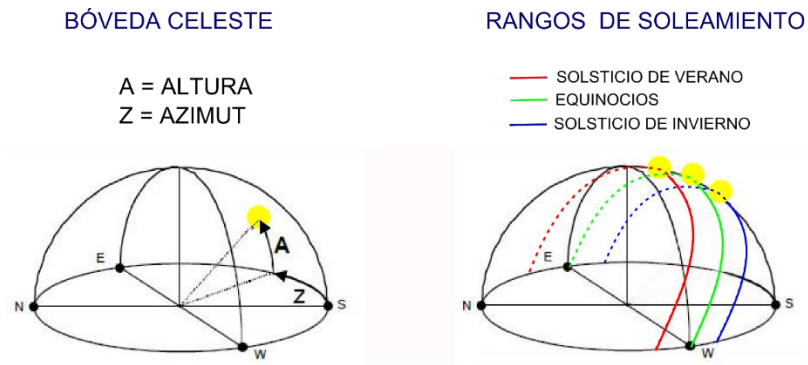


Figura 22

El recorrido aparente del sol es el recorrido que realiza el sol por nuestra bóveda celeste en un día determinado. Según Joaquín Casado⁵⁶ podemos percibir cuatro estadios diferentes en el recorrido del sol por nuestra bóveda celeste; *La aurora*, *Meridión* (cuando el sol, suavemente se va elevando), *Nona* (llegado ya el sol, a su culmen) y *el crepúsculo* (donde la oblicuidad de los rayos solares se acelera). Por lo tanto, conociendo estos recorridos se puede estudiar cómo será el soleamiento de un lugar a lo largo de todo el año. Los límites de sus recorridos por la bóveda a lo largo del año quedan definidos por los solsticios de verano y de invierno⁵⁷.

En los equinoccios, el Orto o Amanecer coincide con el **Este**, y en el Ocaso o puesta de sol coincide con el **Oeste**. Por otro lado, al mediodía el sol se halla sobre el Sur con un Azimut igual a cero, formando con el Cenit un ángulo igual a su latitud, de manera que se puede calcular la altura solar de la siguiente forma:

$$\text{Altura} = A = 90^\circ - \text{Latitud}$$

Los recorridos solares diurnos son arcos de círculo perfectos, cuyo eje coincide con el de la tierra. El sol recorre 360° en 24 horas, correspondiendo a cada hora un ángulo horario igual a 15°. Por otro lado, los equinoccios son los únicos días que el recorrido diurno dura igual que la noche es decir 12 horas exactas. En el solsticio de verano el azimut del Orto se produce exactamente a **Z=118° E**, y el azimut del Ocaso se produce a **Z=118° W**. En cuanto a la altura solar, esta forma con el Cenit un ángulo igual a la Latitud menos la declinación es decir, + 23,5°, de manera que se puede calcular de la siguiente forma:

$$\text{Altura} = A = 90 - \text{Latitud} + 23,5^\circ$$

Mientras que en el solsticio de invierno, el recorrido solar se caracteriza porque el azimut del Orto se produce a **Z=62° E**, y el azimut del Ocaso se produce a **Z=62° W**. En cuanto a la altura solar, se forma con el Cenit un ángulo igual a la Latitud más la declinación, es decir - 23,5°, de manera que se puede calcular de la siguiente forma:

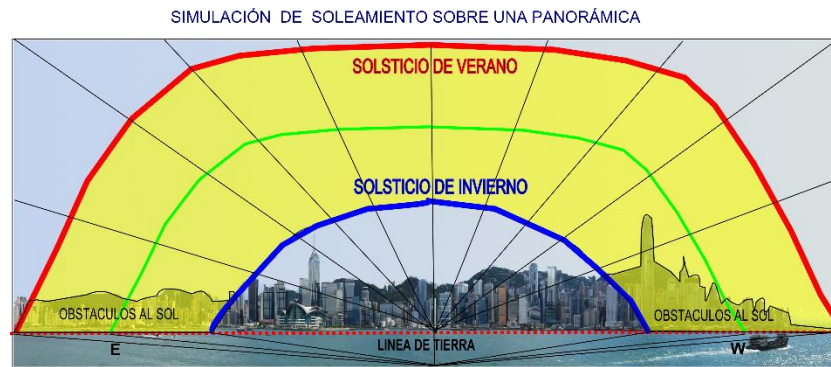
$$\text{Altura} = A = 90 - \text{Latitud} - 23,5^\circ$$

En general para evitar los cálculos se suelen utilizar cartas solares, donde se muestran los datos necesarios para conocer el soleamiento de un lugar. Por otro lado, una variante muy interesante para los arquitectos es la Carta Solar Cilíndrica, basada en la proyección del recorrido solar en un cilindro que rodee al observador, en vez de una semiesfera. Al ser cortado el cilindro por el norte se puede desplegar una proyección plana del recorrido solar, con lectura directa de la

⁵⁶ GARCÍA GIL, F; PEÑA MÉNDEZ, M; DIAZ BUCERO, JESUS; ROMERO TORRES, J; LERMA PELAEZ, J.G; (G.I). 2000. *Impresiones Lumínicas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo: *ELOGIO DE LA LUZ* Autor: Joaquín Casado De Amezúa

⁵⁷ JARAMILLO, Jorge. 2014. *El clima. El Soleamiento*. (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: editorial.cda.ulpgc.es). Apuntes.

Altura y Azimut solar. Ante el estudio del soleamiento, se puede realizar un estudio sobre una panorámica de la escena (Figura 23), de esta forma se puede observar cómo los elementos altos de la escena pueden tapar el Sol.



Por otro lado, no hay que olvidar la climatología del lugar, dado que existen lugares en climas húmedos donde casi siempre el cielo se encuentra tapado por nubes.

5.1.1.13. Las luces artificiales

A parte de la luz del Sol. Las luces artificiales nocturnas e interiores son las que comparten la mayoría de nuestros escenarios cotidianos. Dentro de las luces artificiales⁵⁸ vamos a estudiar aquellas que tienen su fuente de energía en la electricidad que son la mayoría.

Luz eléctrica

Mediante la energía eléctrica se pueden conseguir básicamente tres efectos; movimiento, calor y luz. Generalmente, no aparecen de forma separada, es decir el movimiento y la luz suelen ir acompañados del aporte de energía calorífica. Una luz eléctrica es un operador capaz de convertir la energía de la corriente eléctrica en energía luminosa. Mediante la luz eléctrica se ilumina la ausencia de luz, ya sea en escenarios nocturnos, en escenarios interiores o en escenarios donde se necesita un aporte de iluminación mayor. Los generadores eléctricos que abastecen de energía eléctrica pueden ser autónomos como pilas y baterías, o pueden pertenecer a la red eléctrica urbana de una localidad. Evidentemente, la red eléctrica es capaz de aportar más potencia cuando los requerimientos de iluminación son más altos. La red suele aportar energía a elementos de iluminación fijos como lámparas y farolas mientras que las baterías y pilas pueden aportar a elementos móviles como linternas o luces de vehículos.

Disponemos de energía luminosa a partir de la electricidad desde 1878 cuando Thomas Alva Edison construyó la primera lámpara incandescente, antes solo disponíamos de luces artificiales mediante de la combustión.

Los principales tipos de iluminación eléctrica⁵⁹ son:

- Lámpara incandescente
- Lámpara fluorescente compacta
- Lámpara de haluro metálico

⁵⁸ O'DONELL, B. M; SANDOVAL, J; PAUKSTE, F. 2006. *Fuentes Luminosas*. (Buenos Aires: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N.: Manual de Iluminación Eficiente. Cap.4)

⁵⁹ INDALUX. 2002. *Manual de luminotecnia*. (Catálogos de Indalux. Iluminación Técnica, S.L. – INDALUX.http://www.construmatica.com/empresa/industrias_derivadas_del_aluminio_sa_indalux/catalogos). Catálogo 08.

- Lámpara de neón
- Lámpara de descarga
- lámpara halógena
- Lámpara de inducción
- Lámpara de vapor de sodio
- Lámpara de vapor de mercurio
- Lámpara LED

Una *lámpara de incandescencia* es un dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, en concreto de wolframio, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica. Con la tecnología existente, actualmente se considera poco eficiente, ya que el 85 % de la electricidad que consume la transforma en calor y solo el 15 % restante en luz.

La *lámpara fluorescente compacta* (LFC) es un tipo de lámpara que aprovecha la tecnología de los tradicionales tubos fluorescentes para hacer lámparas de menor tamaño que puedan sustituir a las lámparas incandescentes con pocos cambios en la armadura de instalación y con menor consumo. La luminosidad emitida por un fluorescente depende de la superficie emisora, por lo que este tipo de lámparas aumentan su superficie doblando o enrollando el tubo de diferentes maneras. Otras mejoras en la tecnología fluorescente han permitido asimismo aumentar el rendimiento luminoso desde los 40-50 lm/W hasta los 80 lm/W. También la sustitución de los antiguos balastos electromagnéticos por balastos electrónicos ha permitido reducir el peso y el característico parpadeo de los fluorescentes tradicionales.

En comparación con las lámparas incandescentes, las LFC tienen una vida útil más larga y consumen menos energía eléctrica para producir la misma cantidad de luz. Como desventajas, muchas de ellas no alcanzan su máximo brillo de forma inmediata y es más problemático deshacerse de las viejas, pues hay que llevarlas a lugares específicos, ya que contienen residuos tóxicos.

La *lámpara halógena* es una variante de la lámpara incandescente con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como yodo o bromo). El filamento y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil. El vidrio se sustituye por un compuesto de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor (lo que permite lámparas de tamaño mucho menor, para potencias altas). Algunas de estas lámparas funcionan a baja tensión (por ejemplo 12 voltios), por lo que requieren de un transformador para su funcionamiento. La lámpara halógena tiene un rendimiento un poco mejor que la incandescente (18,22 lm/W) y su vida útil se aumenta hasta las 2.000 y 4.000 horas de funcionamiento.

La *lámpara LED* es una lámpara de estado sólido que usa diodos emisores de luz como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.



Figura 24

Entre los diferentes tipos de lámparas (figura 24) podemos encontrar considerables diferencias en cuanto a su eficiencia y temperatura de color. La fuente de luz eléctrica más eficiente hasta hace poco era la lámpara de vapor de sodio a baja presión, sin embargo esta luz produce una luz naranja casi monocromática que distorsiona mucho la percepción de los colores.

Sin embargo, hoy en día la luz que se está imponiendo al ser más eficiente es la luz LED. Su consumo en vatios aproximado es 4 veces inferior a la incandescente, 3,5 menor que la halógena y un poco inferior a los CFL y fluorescentes, con la ventaja que mediante luces LED se puede mostrar diferentes tipos de temperatura de color en su emisión. Por lo tanto, con el mismo tipo de lámpara LED se pueden mostrar diferentes ambientes lumínicos.

Relación entre las diferentes luces naturales y artificiales

Una vez que hemos vistos la acción luminosa de la luz del Sol y la acción de diferentes luces eléctricas podemos mostrar una tabla comparativa (Figura 25) donde se muestra la variabilidad de la luz del Sol y de algunas luces eléctricas según el ambiente que pueden crear, su temperatura en grados Kelvin y sus componentes de color.

Ambientación	Temperatura (°K)	Componente
Cielo claro	10.000	Azul
Cielo nublado	7.000	Azul/gris
Sol directo	6.000	Amarillo
Fluorescente	5.000	Amarillo
Luz de luna	3.000	Blanco/amarillo
Bombilla	2.500	Amarillo
Salida/Puesta de sol	1.000	Naranjado/rojo

Figura 25

5.1.2. LA MATERIA

El objeto de nuestra visión es permitirnos una correcta interacción con los diferentes cuerpos materiales que nos rodean y que conforman nuestro medio ambiente, tanto en la proximidad como en la lejanía. La progresiva adaptación del ser humano a la luz, ha evolucionado con este fin vital. La franja visual de la luz que somos capaces de percibir nos es suficiente para captar las diferentes cualidades de los objetos que nos rodean, nos permite reconocerlos y diferenciarlos, y por lo tanto interaccionar con ellos.

En este apartado, vamos a mostrar las diferentes cualidades y características de la materia que forman los objetos. Dentro de estas características vamos a determinar cuáles son responsables de interaccionar con la luz en la forma característica en la que lo hace cada elemento material y permitirnos de esta forma su percepción.

5.1.2.1. La interacción de la materia con el entorno

En cuanto, a la interacción con la luz, los cuerpos materiales emiten, transmiten y/o reflejan luz visible de tal forma que al llegar a nuestros órganos visuales podemos distinguir su forma y determinar sus cualidades visuales en nuestros procesos de reconocimiento. Cuando un objeto no crea contraste con su fondo, no emite luz, no la refleja o la transmite sin modificarla, no lo vemos y no lo percibimos. No obstante, existen pocos cuerpos materiales que no interaccionen con la luz. Por ejemplo, nos podemos encontrar ante ciertas láminas de vidrio con un grado de transparencia muy alto donde necesitamos de signos visuales externos para detectarlos, ya que sin signos que los delaten se muestran casi invisibles. Sin embargo, dentro de la amplitud de objetos y materiales que nos rodean esta cualidad no es habitual.

Por otro lado, todo objeto material es variable en el tiempo, de la misma forma que la materia que lo constituye. La materia que conforma los diferentes cuerpos se encuentra en constante interacción física y química con el medio que le rodea, y esta interacción provoca cambios según pasa el tiempo. Algunos perceptibles a corto plazo y otros solamente se dejan ver con el paso de los años.

5.1.2.2. Definición de materia

La materia es aquello de lo que están compuestos los objetos físicos. Aunque si buscamos una definición⁶⁰ más concreta sería; *“la sustancia extensa e impenetrable, capaz de recibir toda especie de forma; pero también es la sustancia de las cosas, consideradas con respecto a un agente determinado”*;

Por otro lado, la materia puede tener varias concepciones filosóficas, sin embargo para nuestro estudio nos vamos a quedar con el concepto de materia como aquello que forma la parte sensible de los objetos perceptibles o detectables por medios físicos, es decir es todo lo que ocupa un sitio en el espacio, se puede tocar, se puede sentir y se puede medir. Por lo tanto, para nosotros será todo aquello que ocupa un volumen en nuestro espacio vital y posee un peso ante nuestra gravedad terrestre.

Si cogemos un objeto y lo vamos descomponiendo poco a poco (Figura 26), al final llegamos a las partículas fundamentales que forman toda materia.

⁶⁰ LAFFAGA, J; OLIVARES, M. 1995. *Materiales de Construcción* (Sevilla: Editan).Pág. 35.

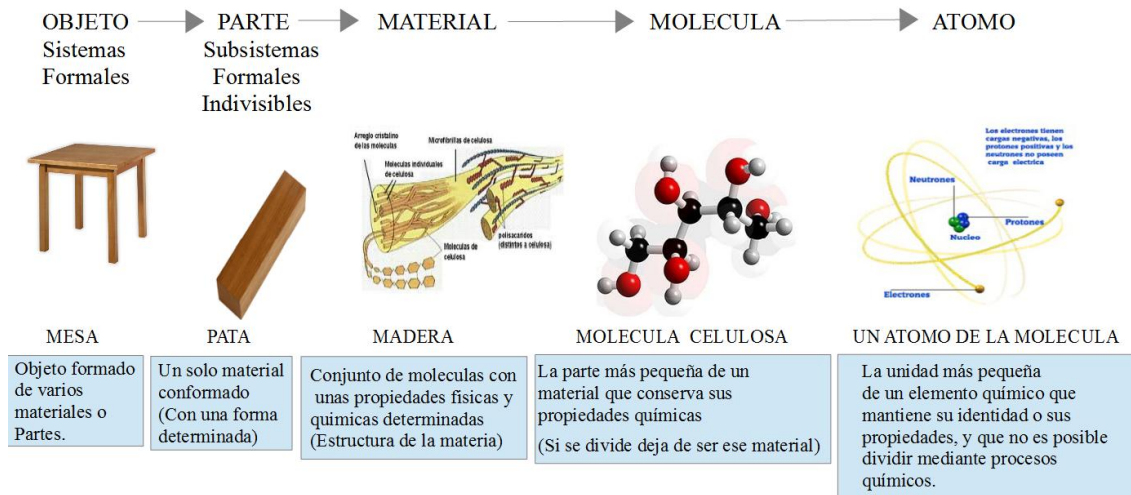


Figura 26

La constitución y la estructura de la materia que compone los objetos es la responsable de sus cualidades y propiedades. Por lo tanto, las propiedades ópticas de interacción con la luz dependen de cómo se presenten estas cualidades.

Para explicar este esquema de la composición de la materia, vamos a ir de lo pequeño hacia lo grande, empezando por la estructura atómica⁶¹.

El átomo es el elemento más pequeño que tiene estructura de materia (Figura 27). Está formado por tres tipos de partículas; *electrones*, *protones* y *neutrones*.

Cuando los *electrones* tienen la misma carga que los protones, el elemento queda eléctricamente neutro, es decir con carga nula. La práctica totalidad de la masa de un átomo se concentra en el núcleo que está formado por los *Neutrones* y *Protones* y con carga positiva.

- CORTEZA **Electrones (e-)** Masa despreciable
- Protones (p+)** Masa 1
- NÚCLEO
- Neutrones** (carga nula) Masa 1

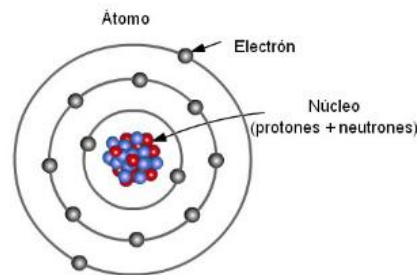


Figura 27

Las propiedades dependen del comportamiento de los electrones que se consideran sin masa con y carga negativa, ya que son las partículas elementales con movilidad y con posibilidad de cambiar. Dado que el núcleo permanece estable queda definido por su número *Atómico* que es el número de protones en la corteza del núcleo y el número *Másico* que es igual a la suma del número de protones más el número de neutrones siendo un numero entero. Cuando un elemento muestra las mismas propiedades químicas que otro pero se diferencia en su masa atómica se denomina *Isótopo*.

⁶¹ LASHERAS, J.M; CARRASQUILLA, J.F. 1991. *Ciencia de materiales* (San Sebastián: Editorial Donostiaarra). Pag 17.

En los núcleos no se produce cambio y en los electrones se suelen producir las variaciones en las orbitas externas, por lo tanto las propiedades físicas y químicas de la materia dependen del comportamiento de los electrones periféricos que forman los átomos.

Por ejemplo, con la aportación de energía calorífica, los electrones pasan de un nivel a otro y de esta forma aparece la dilatación térmica y la emisión de luz en forma de fotones. Sobre la interacción de la luz con la materia trataremos más extensamente en el siguiente tema.

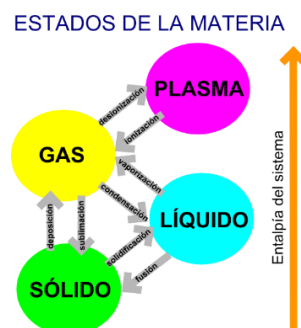
Los átomos tienden a estar equilibrados, es decir tener la misma carga positiva que negativa. Si un átomo pierde o gana un electrón entonces se convierte en átomo descompensado o ion. Cuando el ion queda con carga positiva se denomina catión y cuando queda con carga negativa se denomina anión. En estos estados de descompensación es cuando se produce la interacción material y los enlaces que crean las moléculas y la materia.

La estructura molecular de la materia está formada por la unión de átomos. Una molécula mantiene integras todas las propiedades de la sustancia original, ya que mantiene la misma composición. Cuando entre los átomos las fuerzas de atracción superan a las fuerzas de repulsión se forma una molécula. En las moléculas, los átomos se mantienen unidos debido a fuerzas de naturaleza eléctrica creando diferentes enlaces. Dentro de los enlaces⁶² podemos distinguir los *Intramoleculares* que son los que aparecen entre átomos para formar moléculas e *Intermoleculares*⁶³ que aparecen formando macromoléculas. En el primer caso, tenemos la unión de átomos entre si creando enlaces que pueden ser del tipo *iónico, covalente, metálico y coordinado*. En el segundo caso, en la unión entre moléculas tenemos *las Fuerzas de Van der Waals, el Dipolo-dipolo, las Fuerzas de London y los Enlaces Puente de Hidrogeno (H₂O)*.

El desarrollo de la unión de estas moléculas en el espacio, manteniendo las mismas propiedades da lugar a la materia. Cada materia diferente se muestra como un material que mediante una conformación singular forma parte o la integridad de los objetos con los que nos relacionamos cotidianamente.

5.1.2.3. Estados de agregación de la materia

En nuestro medio ambiente se presentan constantemente cambios de presión y de temperatura. En función de cómo varían estas magnitudes sobre la materia, pueden obtenerse distintos estados o fases, denominados estados de agregación de la materia. La materia va cambiando de estado según varían las fuerzas de unión de las partículas que la constituyen. En función del estado que presentan los diferentes materiales en nuestro medio ambiente poseen unas propiedades ópticas diferentes, por lo que es importante conocerlos.



⁶² LAFFAGA, J; OLIVARES, M. 1995. *Materiales de Construcción* (Sevilla: Editan).Pág 37-42.

⁶³ LASHERAS, J.M; CARRASQUILLA, J.F. 1991. *Ciencia de materiales* (San Sebastián: Editorial Donostiarra) Pág 37.

Cada estado de agregación posee unas propiedades y características diferentes. El estado que poseen la mayoría de los objetos con los que interactuamos es el *sólido*, no obstante en nuestro medio ambiente existen multitud de objetos en estado *líquido*, en estado *gaseoso* y en estado *plasmático*. Aparte de estos existen otros estados pero no se producen de forma natural en nuestro medio ambiente, ejemplos son el condensado fermiónico o el condensado de Bose-Einstein.

Los cambios son reversibles, es decir el cambio de estado se produce en las dos direcciones. El cambio entre sólido, líquido y gaseoso puede ser directo, sin embargo para llegar al plasmático tiene que estar la materia previamente en estado gaseoso y producirse correctamente la variación de presión y temperatura. El estado plasmático es el que tiene mayor entalpía tiene de todos. La entalpía expresa la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema, es decir, la cantidad de energía que la materia intercambia con su entorno.

Estado sólido

Los objetos en estado sólido⁶⁴ se presentan como cuerpos de forma definida y estable. Es decir su apariencia formal se mantiene constante mientras que no cambia de estado. Esto se debe a que sus átomos a menudo se entrelazan formando estructuras agrupadas y bien definidas donde las fuerzas de atracción son mayores que las de repulsión. Esta cualidad hace que cuando se le aplica una fuerza al material, al tener mayor cohesión, tenga mayor capacidad de soportarla. Cuando lo hace sin deformación aparente se denomina *rígido*. Cuando la fuerza que actúa sobre el material sólido aumenta y este se deforma volviendo posteriormente a su estado previo se denomina *elástico*. Esto se debe a la memoria de forma de la materia, la cual presenta fuerzas elásticas restitutivas que lo devuelven a su configuración original cuando cesa el esfuerzo. Cuando la fuerza sobrepasa las fuerzas restitutivas el material se deforma manteniendo dicha la deformación cuando esta cesa, comportándose en este caso de forma *plástica*. Si seguimos aumentando la fuerza llega un momento en el que se supera la resistencia a la fragmentación y el material se rompe. En función de las características del sólido ciertas fases pueden pasar prácticamente desapercibidas, por ejemplo una tiza pasa prácticamente de rígido a fragmentado debido a gran fragilidad.

Según cambia la forma de un sólido, su apariencia varía al interactuar con la luz, por lo que tendremos que tener en cuenta este hecho cuando estudiemos la interacción luz-materia. Por otro lado, la mayoría de los sólidos se muestran opacos, sobre todo cuando sus grosores son estimables. No obstante también podemos encontrar algunos sólidos translúcidos y otros transparentes.

Estado Líquido

Si en vez de aplicar una fuerza sobre el sólido se incrementa la temperatura, este irá perdiendo forma hasta alcanzar el estado líquido⁶⁵. En este estado, existe todavía cierta unión entre los átomos de la materia, aunque con mucha menos fuerza que en el estado sólido.

La característica principal de la materia en estado líquido es la capacidad de fluir y adaptarse a la forma del recipiente que lo contiene. Es decir, si queremos mantener la forma de un líquido debemos mantener la forma del recipiente que lo contiene. Si queremos verlo el recipiente debe ser transparente y si el recipiente cambia de forma entonces el líquido variará con él.

⁶⁴ LASHERAS, J.M; CARRASQUILLA, J.F. 1991. *Ciencia de materiales* (San Sebastián: Editorial Donostiarra). Cap.2.

⁶⁵ *Ibid*, Cap.3.

El estado líquido pierde la memoria de forma, solo con la fuerza de la gravedad, es decir con la acción de su peso se deforma aplastándose contra la superficie o recipiente que lo contiene. Su gran capacidad de deformación y movimiento le permite ser portador de energía cinética.

En cuanto a las propiedades ópticas, el hecho de que sus estructuras muestren menos cohesión hace que se muestren muchas veces como materiales translucidos y transparentes, sobre todo cuando los espesores son delgados.

Estado gaseoso

Cuando un líquido se vaporiza pasa a estado gaseoso. En un gas, las moléculas se mueven tan rápidamente que se liberan unas de otras, mostrándose en estado de caos sin llegar a ser un desorden total y absoluto. Por lo tanto, tienden a ocupar un volumen mucho mayor que en los otros estados, debido a que dejan espacios libres e intersticios al separarse unas de otras.

Esta separación entre moléculas y átomos hace que la densidad de la materia baje en gran medida hasta llegar a evitar la fuerza de la gravedad. Este estado de agregación de la materia se caracteriza por no tener forma ni volumen propio, por lo tanto si queremos contenerlo en un recipiente, este deberá ser totalmente hermético. Por otro lado, en función de las condiciones de presión y de temperatura su volumen se muestra variable.

Los gases están muy presentes en nuestra atmosfera. Dado que sus moléculas se encuentran muy separadas se muestran todavía más transparentes que los líquidos. Su efecto visual aparece cuando los gases abarcan una gran distancia volviéndose translucidos y adquiriendo ciertas tonalidades.

Estado plasmático

El plasma es un gas que ha sido ionizado. Los átomos que forman el plasma se muestran de forma parecida al gas, sin embargo al perder y ganar electrones formando aniones y cationes se conforma como un excelente conductor. En la atmósfera solar, una gran parte de los átomos están permanentemente ionizados por lo que el gas se comporta como un plasma.

El estado plasmático se mantiene mientras se mantienen los iones, es decir mientras que las partículas aceleradas persisten al ganar energía y al colisionar con los átomos, expulsando de esta forma los electrones adicionales.

Por otro lado, estas colisiones hacen que en los átomos se produzcan emisiones de luz, lo que ha producido que se desarrollen luces artificiales provocando estas circunstancias.

5.1.2.4. Clasificación de la materia

La materia se puede clasificar en función de varios criterios. Las clasificaciones más usuales se establecen en función de su estructura, en función de su composición, en función de su naturaleza, en función de su uso y en función de sus propiedades.

Clasificación en función de su estructura

En función de su estructura podemos agrupar los materiales en tres grandes grupos:

Materiales cerámicos: Sus átomos se unen mediante enlaces iónicos y covalentes, y su estructura es en parte vítrea y en parte cristalina.

Materiales metálicos: Sus átomos se unen mediante enlaces metálicos y su estructura es cristalina.

Materiales orgánicos: Sus átomos se unen mediante enlaces covalente y fuerzas de Van der Waals, su estructura es amorfa.

A estos tres grupos tenemos que añadir los *Materiales Compuestos*, que son materiales que están formados por combinación de al menos dos de los tres tipos mencionados, sin que existan ningún tipo de unión química entre ellos.

De igual forma, podemos añadir otro grupo denominado *Materiales Semiconductores* los cuales poseen ciertas propiedades eléctricas que dependen de la presencia de pequeñas impurezas en el material.

Clasificación de la materia en función de su naturaleza

En función de su naturaleza podemos encontrar materiales *naturales*, materiales *artificiales* y materiales *sintéticos*.

Los materiales naturales son los que forman objetos presentando la materia tal y como se encontraba en la naturaleza, es decir sin tratamiento alguno. Cuando el material sufre algún tratamiento físico cambiando su configuración se denomina artificial y cuando la materia sufre tratamientos químicos, es decir cuando se le aplica reacciones químicas del tal forma que pasa a ser otra forma de materia entonces se denomina sintético.

Clasificación de la materia en función de su composición

En función de su composición podemos distinguir entre sustancias puras y mezclas (Figura 29). Las sustancias puras a su vez pueden ser elementos o formar compuestos. Por otro lado las mezclas pueden ser homogéneas o heterogéneas como podemos observar en el siguiente esquema.

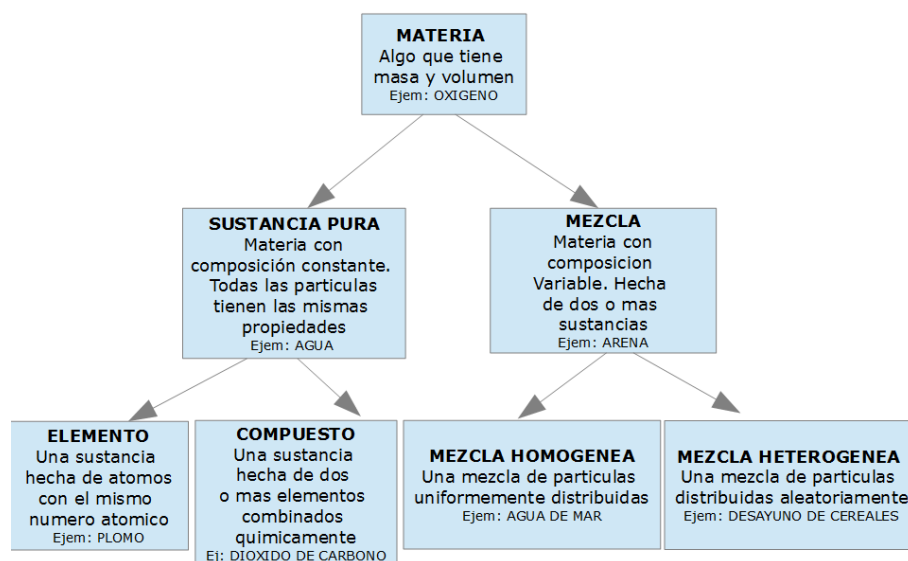


Figura 29

Clasificación de los materiales en función del uso.

En función de su uso se pueden clasificar en *estructurales* y *funcionales*. Los materiales estructurales aquellos basados en sus propiedades mecánicas para su uso, siendo los más utilizados tanto en volumen de producción como desde el punto de vista económico. Un poco más adelante veremos los diferentes tipos de estructuras en los objetos.

Por otro lado, los materiales funcionales son aquellos que se utilizan según sus propiedades funcionales como propiedades químicas, magnéticas y eléctricas.

Clasificación de los materiales según sus propiedades

Según las diferentes propiedades de los materiales estos pueden ser clasificados⁶⁶. Las diferentes propiedades de los materiales las pasamos a desarrollar a continuación.

5.1.2.5. Las propiedades de la materia: Las propiedades ópticas

Las propiedades de los materiales son todas aquellas cualidades o atributos que poseen los materiales, por las cuales, podemos identificarlos y diferenciarlos de los demás.

Las propiedades las podemos clasificar en función de su interacción con el medio de la siguiente forma:

- *Propiedades Químicas*
- *Propiedades Físicas*
- *Propiedades Tecnológicas*
- *Propiedades Ecológicas*
- *Propiedades Sensoriales*

Propiedades Químicas

Son aquellas que aparecen de la interacción o la reacción química del material cuando entra en contacto con otras sustancias. También se suelen considerar como propiedades químicas; su composición química, su composición mineralógica, así como las propias resistencias de los materiales frente a la acción de medios agresivos.

Ejemplos de propiedades químicas son: solubilidad, combustibilidad, oxidación, corrosión, reducción, etc.

En este sentido nos interesan las propiedades químicas en su capacidad de transformar la materia y aportar nuevas propiedades cualidades ópticas que modifiquen su apariencia.

Propiedades Físicas.

Son aquellas que aparecen de la interacción física del material con el medio. Es decir, aparecen cuando al material se les aplica una fuerza u otra clase de energía.

⁶⁶ FIDALGO, J.M; FERNANDEZ, M.R; FERNANDEZ, N. 2008. *Tecnología Industrial I* (León: Editorial Everest). Tema 11.

Las propiedades físicas las podemos clasificar en; *Propiedades Intrínsecas* que son todas aquellas que están relacionadas con su masa y su densidad en la tierra, *Propiedades Mecánicas* que son repuestas características de los mismos a las fuerzas a las que se ven sometidos, *Propiedades Eléctricas* que son sus respuestas al paso de electricidad. *Propiedades Térmicas* que son sus respuestas a la acción del calor. *Propiedades Acústicas* que son sus respuestas al paso de sonido, *Propiedades Magnéticas* que son sus respuestas ante la acción de campos magnéticos, por ultimo ***Propiedades Ópticas*** que son sus respuestas al interaccionar con la luz.

Por lo tanto, las propiedades que nos interesan son las propiedades ópticas que describen la interacción de la luz con la materia y que describiremos detenidamente en el siguiente tema.

Propiedades tecnológicas

Son todas aquellas que aparecen en el material cuando es transformado en el proceso tecnológico. En realidad estas propiedades se podrían denominar propiedades físicas y químicas aplicadas, dado que en la transformación del material, lo que se aplica mediante la tecnología son diversas acciones físicas y químicas. Como ejemplos de estas propiedades podemos encontrar; la colabilidad, la forjabilidad, la soldabilidad, la embutibilidad, la templabilidad, etc.

Mediante estos procesos tecnológicos se puede cambiar la apariencia externa y superficial de los materiales por lo que puede llegar a ser muy interesante conocer estas propiedades, sobre todo a la hora de cambiar su factura visual.

Propiedades Ecológicas

Son las propiedades de los materiales que aparecen al entrar en contacto con el medio ambiente⁶⁷. En general nos interesa producir materiales reciclables, materiales bio-degradables y materiales que no produzcan impacto visual sobre nuestros entornos una vez que se desechan.

Propiedades sensoriales

Son aquellas que aparecen cuando los materiales entran en contacto con el ser humano a través de sus diferentes sentidos. Por lo tanto, están relacionados con la forma en la que vemos, tocamos, olemos, saboreamos y oímos la materia al interaccionar con ella.

La acción sensorial (5.1.2.5 ↔ 6.1) visual de los objetos y de la materia es de gran importancia en esta tesis, por lo que se tratará en profundidad más adelante.

5.1.2.6. La variabilidad temporal de la materia

Todo cambia y la materia no se escapa de esta mutación. La diferencia en estos cambios es el tiempo en el que dan lugar. Las fluctuaciones energéticas constantes actúan sobre los cuerpos materiales modificándolos, ya sean sus efectos observables por el ojo humano o no.

Cuando las acciones son de naturaleza física o química nos encontramos con deformaciones, roturas, humedades, combustiones, reacciones químicas naturales o artificiales que constantemente van variando las propiedades de la materia, su constitución y por lo tanto su apariencia visual.

⁶⁷ FIDALGO, J.M; FERNANDEZ, M.R; FERNANDEZ, N. 2008. *Tecnología Industrial II* (León: Editorial Everest). Tema 6.

Por lo tanto, a la hora de estudiar la interacción materia-luz debemos tener en cuenta que estas variaciones también pueden afectar a estas relaciones.

5.1.2.7. Los objetos materiales

Los objetos o sistemas materiales (S.A) son creaciones humanas en forma de concepciones que nos permiten clasificar, distinguir, actuar y comunicarnos en nuestro medio ambiente con los diferentes elementos materiales que nos rodean.

Dado que son construcciones mentales las trataremos más adelante, al estudiar la percepción. En este punto, nos limitaremos a describir la relación de la concepción mental sus cualidades materiales concretas.

En primer lugar, los S.A se establecen en función de sus relaciones materiales, atendiendo al análisis y composición de un sistema⁶⁸. Un objeto es un conjunto de elementos o partes materiales interaccionadas entre sí. (Figura 30). La esencia de objeto la otorgan estas interacciones o uniones que establecemos entre elementos materiales. Estas uniones pueden ser físicas, visuales o conceptuales y se encargan de componer un todo integrado en su entorno. El objeto más elemental es aquel que está formado por una sola unidad, es decir conformado por un solo material y sin partes.

Por otro lado, el objeto material igualmente se constituye con la segregación del medio. Esta segregación aparece con otro tipo de relaciones pero en este caso son relaciones externas o separaciones. Desvinculamos un objeto del medio en el que se encuentra estableciendo algún tipo de separación, pudiendo ser también física, visual o conceptual.

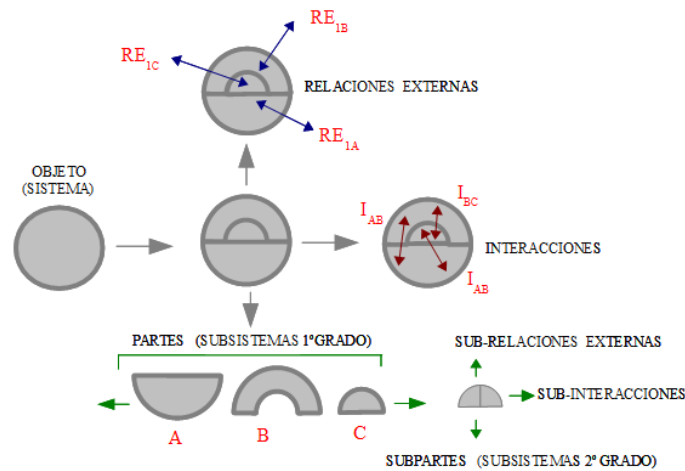


Figura 30

Por último, los objetos materiales se pueden establecer según diferentes niveles de composición. Por ejemplo, dos objetos relacionados externamente, a su vez pueden componer un objeto de nivel superior, pasando sus relaciones externas a convertirse en interacciones.

Todo objeto material se encuentra situado en un escenario o entorno. El escenario está compuesto por todos los objetos que rodean al objeto atendido.

Los diferentes tipos de objetos se almacenan en nuestra memoria mediante una organización en forma de categorías. A cada objeto se le asigna una categoría. Cuando el objeto es nuevo y no se puede asociar a ninguna categoría entonces se

⁶⁸ AGUAYO, F; LAMA, J.R. 1998. *Didáctica de la Tecnología* (Sevilla: Ediciones Tebar).Pag213.

crea una categoría nueva de objeto. Las categorías se establecen en niveles o subcategorías objetuales. En general, cada categoría se establece en función del uso o la esencia del objeto material, es decir en función de su razón de ser.

Por otro lado, a cada objeto se le asigna un nombre que refleja esta esencia y una serie de cualidades formales, por lo que existe una relación directa entre los conceptos verbales y las concepciones visuales que establecen nuestro mundo objetual.

5.1.2.8. La forma tridimensional

Todos los objetos materiales son tridimensionales. La apariencia de estos objetos aparece a través de su *forma global tridimensional* y a partir de las cualidades de *apariciencia de las superficies* que lo recubren.

Vamos a estudiar estas cualidades desde el punto de vista material.

Elementos de la forma tridimensional

Las formas tienen tres tipos de elementos (Figura 31) en su desarrollo tridimensional que son; las *superficies*, las *aristas* y los *vértices*.

Las superficies muestran los límites de la materia tridimensional en el espacio que lo contiene (*interacción materia-espacio*). Por lo tanto, todo objeto tridimensional posee superficie exterior. Dado que esta interacción es tridimensional (3d), el resultado se desarrolla de forma superficial (2d). En función de cómo se desarrolle la materia espacialmente, las superficies pueden ser planas o curvas.

ELEMENTOS DE LAS FORMAS TRIDIMENSIONALES

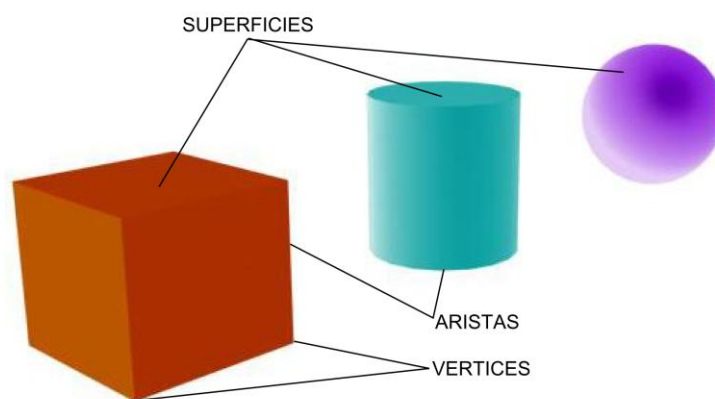


Figura 31

Por otro lado, en función del tamaño de la superficie también pueden existir diferentes niveles dimensionales, es decir una superficie puede albergar otras superficies en su desarrollo interno mostrando de esta forma cierto relieve o una textura tridimensional.

Cuando dos superficies se intersectan entre sí forman una arista (*interacción superficie-superficie*), es decir aquí aparece otra derivación que en este caso, al ser de superficies (2d) desemboca en una interacción lineal (1d). Las aristas pueden ser también rectas o curvas, y en función de su tamaño se pueden mostrar como aristas afiladas o con cierta redondez.

Cuando tres o más superficies se intersectan en un punto se forma un vértice (*interacción arista-arista*). Dado que en el vértice suelen confluír al menos tres aristas, al interaccionar linealmente aparece un elemento puntual. En función del tamaño del vértice este puede ser puntiagudo o redondeado.

Existen formas que no tienen aristas, ni vértices como es el caso de la esfera, donde en su desarrollo superficial curvo no crea ninguna intersección y por lo tanto no aparecen otros elementos. También existen formas tridimensionales sin vértices como por ejemplo un cilindro, en este caso si existe intersección de superficies pero no de aristas. Por otro lado, también pueden existir vértices sin aristas como aparece en el vértice de un cono.

Dimensionalidad de las formas

Aunque toda forma material es tridimensional, estas pueden tener un desarrollo prioritario en alguna de las dimensiones espaciales respecto de las otras. Cuando la forma tiene un desarrollo dimensional en una sola dimensión mientras que en las otras queda reducido en proporción entonces se denomina *lineal*. Cuando el desarrollo es proporcionalmente más grande en dos de las dimensiones que en la tercera se denomina *superficial* y cuando el desarrollo se produce en las tres dimensiones sin existir una notable diferencia entre alguna dimensión respecto de las otras se denomina *espacial* o *volumétrica*.

Naturaleza de las formas tridimensionales

Las formas tridimensionales pueden ser *naturales* o *artificiales*. Cuando se crean sin la intervención de la mano del hombre, y se muestran tal y como se produjeron en su medio ambiente se denominan naturales. Cuando la acción del hombre ha actuado sobre ellos modificando su apariencia natural se denominan artificiales. En nuestros escenarios cotidianos coexisten los objetos artificiales con los naturales, aunque solemos interaccionar más con los artificiales.

Geometría de las formas tridimensionales

Cuando las formas de los objetos materiales y los elementos que lo forman cumplen ciertas relaciones y proporciones geométricas entonces se denominan *regulares*. Cuando la forma tridimensional muestra ausencia de estas relaciones geométricas entonces se denominan *irregulares*.

Existen multitud de formas que cumplen ciertas relaciones en algunos de sus elementos y en otros no. Por lo que en este sentido las formas se pueden clasificar en función del grado de regularidad o irregularidad.

Composición formal de los objetos tridimensionales: La conformación y la unión.

Los objetos pueden estar formados por un solo material o pueden estar compuestos por varios unidos entre sí⁶⁹. Por lo tanto pueden ser, pueden ser *simples* o *compuestos*.

La conformación

Hoy en día la mayoría de los objetos con los que interaccionamos son artificiales y la forma en la que se crean estos objetos materiales artificiales pueden ser variados (Figura 32). Las modificaciones materiales pueden realizarse de diferentes forma; pueden realizarse *sustrayendo* parte del material a un volumen global, *uniendo* partes con diferentes volúmenes materiales, otra posibilidad es *deformando* el material pre-existente y por último está la posibilidad de crear formas mediante métodos *sintéticos*. Evidentemente existen multitud de objetos realizados mediante procesos mixtos que intercambian varios de los métodos comentados.

⁶⁹ FIDALGO, J.M; FERNANDEZ, M.R; FERNANDEZ, N. 2008. *Tecnología Industrial I* (León: Editorial Everest). Tema 23.

CONFORMACIÓN DE LOS OBJETOS

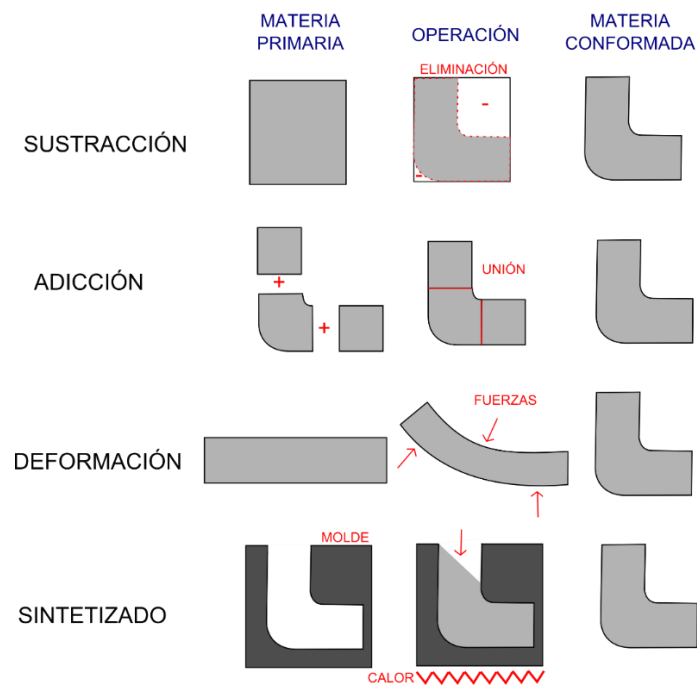


Figura 32

Las tres primeras formas implican transformaciones en la materia, pero no originan ninguna modificación en la composición química, como pueden ser cambios en el estado de la materia, disoluciones o deformaciones físicas. La última forma de conformación implica la reacción química al crearse un material nuevo.

Ejemplos de procesos de sustracción son el corte, el desbastado, el taladrado, el arranque de viruta con diversas maquinas, etc. En los procesos de unión podemos encontrar; el pegado, el ensamblado, la soldadura, el atornillado, el apuntillado, el remachado, etc. En el deformado podemos encontrar, la laminación, el calandrado, la embutición, la forja, etc. Por último, dentro de los procesos de sintéticos podemos encontrar el moldeo, la inyección, la extrusión, etc.

Muchos de los objetos compuestos se realizan con técnicas mixtas donde se aplican varios de los procesos anteriormente comentados.

La unión

Como acabamos de ver una de las condiciones para que se cree un objeto físico es que exista una unión entre sus diferentes elementos. En este punto vamos a mostrar las diferentes formas en las que se pueden unir elementos materiales conformando objetos.

Tipos de uniones

Los diferentes cuerpos materiales pueden unirse o ligarse de tres formas; mediante *apoyos*, *articulaciones* o *empotramientos* (Figura 33).

Un apoyo es una forma de unión física en la cual el objeto se le impide el desplazamiento en un sentido, aunque se le puede permitir el movimiento en otros y girar. Ejemplos son todos los objetos que se encuentran apoyados en el suelo por el efecto de la gravedad como pueden ser una mesa o una silla. Generalmente el suelo impide que se desplacen hacia

abajo pero permite que se desplace en otras direcciones y cuando hay otros apoyos entonces se impide el desplazamiento en otros sentidos.

Una articulación es una forma de unión física en la cual se permite al objeto que gire, pero no se le permite desplazarse. Todos los ejes, bisagras y rotulas son articulaciones. Un ejemplo natural es la forma en la que articulan nuestros huesos y un ejemplo artificial lo forma una puerta abatible o la articulación de un columpio.

Un empotramiento es cuando el objeto no puede girar, ni desplazarse, como sucede en un árbol sobre su suelo o en una farola. Generalmente cuando pegamos o empotramos un material sobre otro aparece esta unión inmóvil.

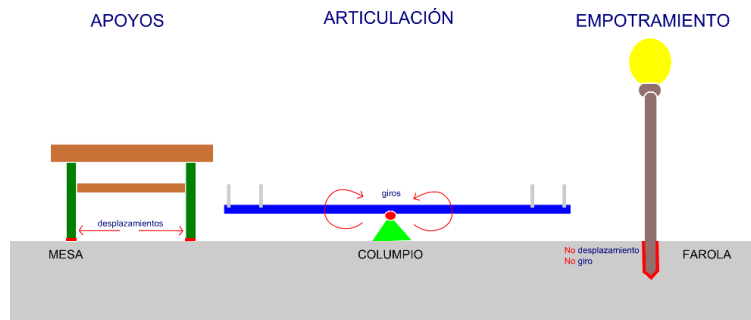


Figura 33

La estabilidad y la calidad de la apariencia de un objeto artificial muchas veces dependen de la calidad en la que se realizan sus uniones. A parte de la expresividad superficial muchos objetos ofrecen una percepción de calidad en función de cómo estén realizadas sus uniones.

Para cada tipo de unión existen multitud de técnicas y métodos tecnológicos para realizarlas. Dado que este aspecto se separa de nuestra investigación, no vamos a adentrar en él.

Tipos de estructuras materiales

Los objetos adquieren sus diferentes formas volumétricas gracias a sus estructuras. El que un objeto tenga un desarrollo volumétrico con una determinada forma o con otra depende de su estructura que le permite que un desarrollo exterior en contra de la acción de la gravedad y demás fuerzas de medio que actúan sobre él. Un objeto material sin estructura se comporta como un elemento pastoso informe o un líquido presionado contra su base por la acción de la gravedad.

En nuestro entorno natural, todos los objetos deben soportar las acciones naturales a las que están sometidos en su medio natural para mantener su existencia⁷⁰. El hecho de poseer materia implica tener un peso y tener que soportarlo. Pero además los objetos pueden soportar otras cargas debido a las acciones medio ambientales o de uso a las que están sometidos (Figura 34). Por lo tanto, la parte material de estos objetos destinada a soportar estas cargas se denomina *estructura*.

El peso del objeto material se denomina *peso propio*, a parte del peso propio, los objetos pueden soportar el peso de otros objetos que se apoyan o se unen a ellos. A estos pesos se les denomina *pesos externos*. Cuando el objeto se ve sometido a diferentes fuerzas de índole diverso que no son causa de la gravedad se denomina *fuerzas externas*. A parte de las fuerzas externas provocadas por el hombre, las fuerzas externas naturales más habituales son; las del viento, la lluvia y la nieve (cuando no son gravitatorias), las fuerzas y movimientos geológicos y sobre todo la de los terremotos.

⁷⁰ MILLAIS, Malcom. 1997. *Estructuras de edificación*. (Madrid: Celeste Ediciones)



Figura 34

Las estructuras pueden adoptar diferentes configuraciones formales (Figura 35). Dentro de las diferentes configuraciones formales tenemos; Estructuras *Macizas* donde su interior totalmente ocupado por materia, por ejemplo un muro natural o las presas de los pantanos que funcionan por gravedad. Estructuras *Huecas* que protegen la materia funcional que queda dentro como el caparazón de una tortuga o la *carcasa* de cualquier aparato electrónico, o por otro lado estructuras huecas *hinchables* donde el aire comprimido opone la resistencia a las cargas, como por ejemplo un neumático o un castillo hinchable. Por otro lado, podemos encontrar estructuras *superficiales* de varios tipos como las *laminadas planas* de un armario o los muros y paramentos prefabricados de un edificio, o superficiales *curvas* siguiendo parte de una envolvente tridimensional. De igual forma, nos podemos encontrar láminas como ciertas pieles o cortinas. También podemos encontrar estructuras *lineales* o de *barras*, formando el esqueleto de ciertos cuerpos o volúmenes. Dentro de este tipo podemos encontrar estructuras de barras rectas como son las estructuras *triangulares*, que se basan en la figura del triángulo como forma bidimensional indeformable, y que cuando son tridimensionales forman tetraedros, por otro lado pueden estar formadas a partir de otras figuras geométricas como las estructuras geodésicas que forman esferas. Sin embargo, dentro de la conformación con barras la forma más común es la figura rectangular. En este caso se denominan estructuras *entramadas* y se caracterizan porque espacialmente sus barras rectas ortogonales entre sí. También podemos encontrar estructuras de barras curvas como las del esqueleto humano o como algunas de las estructuras proyectadas por el arquitecto Juan Calatrava. Dentro de los elementos estructurales, también podemos encontrar elementos flexibles, como cables, cuerdas y trenzas creando estructuras *colgantes*.

TIPOS DE ESTRUCTURAS EN LA ARQUITECTURA



Figura 35

Variabilidad de las formas tridimensionales

Toda forma material cambia en el transcurso del tiempo. El cambio de forma implica un cambio en la apariencia.

Cuando los tiempos de variación son imperceptibles por el hombre, las formas se denominan *estáticas*. Cuando cambian habitualmente de forma se denominan *dinámicas*. Si el cambio es de posición o de orientación se denominan *móviles*. Cuando cambia su forma por la variación de alguna de sus partes se denominan *mecanismos*.

La forma general de los objetos también puede cambiar debido a la acción de alguna fuerza obteniendo de esta forma deformaciones elásticas, plásticas y roturas, tal y como vimos.

5.1.2.9. El acabado superficial de los objetos: la textura y la factura

Los objetos nos muestran su apariencia a través de sus formas tridimensionales y las cualidades visuales de sus superficies. Las formas volumétricas como hemos visto se conforman gracias a sus estructuras y adquieren las cualidades tridimensionales que estas les aportan. Por otro lado, las diferentes superficies que recubren los objetos son responsables de una gran parte de la apariencia de los objetos. A continuación vamos a describir cuáles pueden ser sus diferentes cualidades desde el punto de vista material.

DIFERENTES TIPOS SUPERFICIALES PARA UN MISMO VOLUMEN TRIDIMENSIONAL

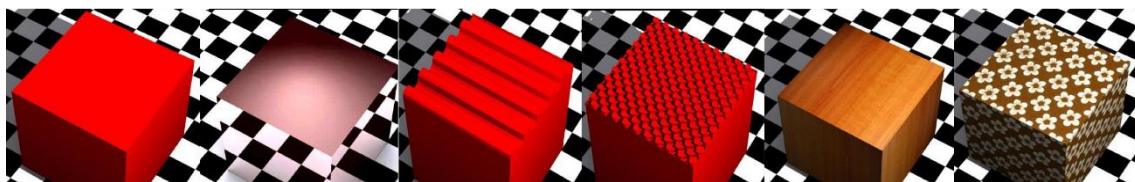


Figura 36

Un mismo volumen tridimensional puede mostrar diferentes apariencias debido a las diferentes cualidades de las superficies que lo conforman. En el ejemplo (Figura 36) se muestra cómo cambia la apariencia de un mismo volumen tridimensional al adoptar diferentes tipos de texturas superficiales.

Texturas superficiales

Como veremos más adelante (5.3.7), la textura visual aparece con la repetición agrupada de forma. Cuando una serie de formas o una serie de cualidades formales se repiten como es el caso de las superficies entonces forman un grupo o unidad visual que es entendido como una textura.

La textura es signo de la apariencia superficial (5.1.2.9↔3.4.3.3) de los objetos materiales. Por lo tanto, este grupo o asociación define las cualidades aparentes de la superficie del objeto observado.

La factura

Cada tipo de conformación material o acabado ofrece un tipo de textura diferente en el material en cuestión. La textura *base* o de *primer nivel* es la que ofrece la estructura de la materia de la que está compuesto el material, es decir la que muestra la superficie de una sola pieza del material. Es decir depende de las propiedades en sus tres niveles de

profundidad⁷¹: *estructura interna, microestructura y macroestructura* de la materia. La estructura interna se estudia mediante métodos de análisis por rayos x, la microestructura mediante microscopios ópticos y la macroestructura a simple vista o con lupa. Las propiedades de la estructura interna y microscópica (hasta 0.02 mm de diámetro en el grano⁷²) definen la interacción luz-materia a nivel molecular y granular. Por otro lado, las propiedades macroscópicas describen la forma de agregación de la materia y afectan a la apariencia visual de la superficie material.

Cuando un material es 100% homogéneo en su composición, también se muestra totalmente homogéneo en su apariencia y su textura se muestra plana o sin repetición de forma, aunque esto no es lo habitual. Muchos de los materiales están compuestos por la agregación de materias con ciertas diferencias de composición, a parte de la inclusión de ciertas perturbaciones o anomalías que le dan su textura característica al aparecer de forma repetida a lo largo del material.

Las pequeñas diferencias de composición macroscópicas se observan como degradados o delimitaciones con un contraste suave entre ellas, mientras que las perturbaciones o inclusiones de otras pequeñas porciones de otros materiales en la muestra se perciben como contrastes significativos y diferenciadores del material cuando estos se repiten de forma continuada en el material (Figura 37).

DIFERENTES CONFIGURACIONES MACROSCÓPICAS EN LOS MATERIALES



Figura 37

Cuando las perturbaciones aparecen en gran medida entonces se forman materiales compuestos. En este caso tenemos mezclas donde la parte que une y que arropa, se llama *matriz* y la parte que aparece aislada de forma repetida se denomina *fase dispersa*. Normalmente la matriz hace visualmente de fondo y la fase dispersa se presenta como las figuras repetidas que dan la apariencia característica al material. Cuando la fase dispersa es capaz de mostrar una textura en sí misma, entonces cada elemento de la fase dispersa se entiende como *pieza* y su textura se considera base, por lo tanto el compuesto pasa a configurarse como una textura de segundo nivel.

Por otro lado, las superficies de un mismo material pueden ser conformada de diferentes formas y con diferentes tratamientos en su relieve, teniendo por lo tanto la capacidad de mostrar diferentes texturas que van desde la superficies pulida, es decir una textura bidimensional hasta una superficie con relieves abruptos, es decir texturas tridimensionales. El tratamiento del relieve de la superficie del material es la primera acción en su factura.

El tamaño de la forma del relieve aplicable a las superficies materiales depende de las dimensiones materiales que se puedan obtener y de las propiedades físicas del material. Es decir, dependen del tamaño de la pieza y su capacidad de conformación (Figura 38).

⁷¹ GORCHACOV, G. I. 1984. *Materiales de construcción* (Moscu: Editorial MIR). Pág. 19-21.

⁷² LASHERAS, J.M; CARRASQUILLA, J.F. 1991. *Ciencia de materiales* (San Sebastián: Editorial Donostiaarra). Pag.49.

DIFERENTES CONFORMACIONES EN EL RELIEVE SUPERFICIAL DE MATERIALES

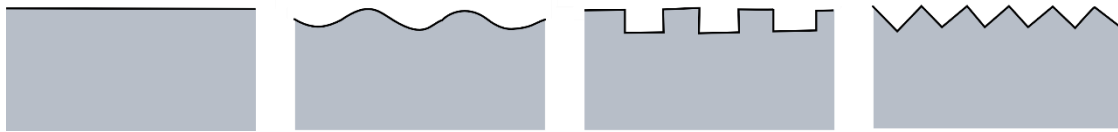


Figura 38

En el caso de que el material no sea capaz de ofrecer por sí mismo la apariencia requerida, se pueden realizar diferentes tratamientos sobre su superficie o recubrimientos. Estos tratamientos pueden ser realizados mediante reacciones químicas superficiales, mediante la aplicación de calor en su superficie o mediante la adición superficial de otros materiales como imprimaciones, pinturas o barnices. Estos tratamientos definen el segundo tipo de acción en la factura de la superficie del objeto.

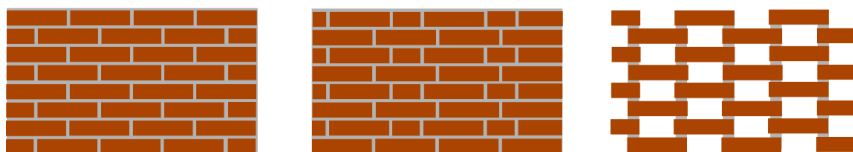
Cuando el tamaño del objeto material es grande y no puede conformarse por una sola pieza, suele completarse por la adición de varias piezas unidas entre sí. Las piezas, así como la parte visible del material que las une, al repetirse a lo largo de la superficie crean texturas de segundo nivel, es decir crean texturas dentro de texturas base.

Muchas superficies arquitectónicas que suelen ser de gran tamaño se realizan mediante piezas adicionadas, configurando texturas de segundo nivel. Ejemplos de estas superficies están realizadas por piezas de ladrillos, de bloques, de placas, de celosías, de piezas cerámicas, de vidrios, etc.

El sistema de unión aporta la tercera acción en la factura de la superficie del objeto (Figura 39), formando parte de la expresividad de la superficie. La acción del sistema de unión actúa de dos formas; en un primer lugar aportando una estructura compositiva concreta según la disposición de las piezas entre sí y en segundo lugar mediante la forma en la que se muestre la unión, es decir de las cualidades de apariencia de la interacción pieza-elemento de unión.

De la primera acción podemos encontrarnos diferentes tipos de aparejos, de solapes y de separación o de huecos entre piezas. Por otro lado, ejemplos de la segunda acción los encontramos en los diferentes tipos de llagas en los aparejos, los diferentes tipos de juntas entre placas, en el atornillado externo en las planchas que forman las superficies, etc.

DIFERENCIA EN LA COMPOSICIÓN DE LAS PIEZAS QUE RELLENAN UNA SUPERFICIE



DIFERENCIA EN EL ESPESOR DE LAS UNIONES DE LAS PIEZAS DE UNA SUPERFICIE

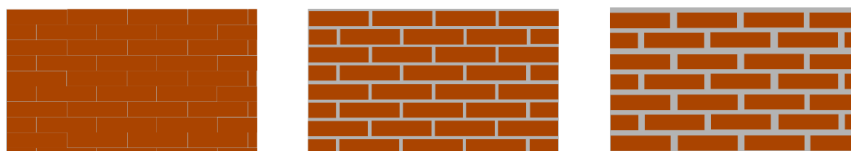


Figura 39

5.1.3. EL OBSERVADOR

Nuestra experiencia del mundo se crea mediante la percepción. La percepción no se limita a atrapar los estímulos que nos llegan del exterior, si no que mediante la percepción se procesan y se obtienen respuestas que nos permiten interactuar con el medio de forma continua.

Mediante la percepción creamos los objetos, creamos esquemas visuales de sus formas, de sus cualidades y de las relaciones que establecen con el exterior, dándoles de esta forma un sentido. La acción perceptual desemboca en sensaciones y emociones. Cuando estas son significativas se almacenan en nuestra memoria, aflorando en el paso del tiempo cuando ciertos estímulos vuelven a repetirse, y siendo modificados mediante los nuevos estímulos obtenidos y las nuevas respuestas perceptuales.

Dentro del proceso perceptual podemos establecer dos etapas fundamentales como son la sensación y la percepción. Las sensaciones aparecen gracias a nuestros sentidos. Los sentidos nos ofrecen diferentes informaciones del mundo que nos rodea. Los diferentes sentidos aparte de actuar simultáneamente también interactúan entre ellos, es decir las sensaciones experimentadas por unos sentidos se ven afectadas de las sensaciones experimentadas por otros. Por lo tanto, antes de profundizar en un sentido concreto vamos a estudiar los diferentes sentidos de los que disponemos y la forma que interactúan entre ellos. Por últimos, expondremos la forma en la que se procesan la información visual en nuestro cerebro y que permite la formación de la percepción visual.

5.1.3.1. El proceso perceptivo

La percepción nos permite detectar, observar e identificar objetos físicos materiales de nuestro entorno, determinar su independencia y relación de los otros objetos con los que comparte la escena, así como interactuar con ellos.

Para analizar cómo percibimos los objetos vamos a estudiar las diferentes fases del proceso perceptual. Para guiarnos en su desarrollo, en un primer lugar vamos a explicar cómo se secuencian sus fases siguiendo un esquema (Figura 40) análogo al propuesto por Goldstein⁷³ en su libro “*Sensación y percepción*”.



Figura 40

En nuestro entorno físico estamos rodeados de acciones, las *acciones físicas* que son aptas de ser captadas por nuestros

⁷³ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo). Tema1. Introducción a la percepción.

sentidos se denominan *estímulos ambientales*. Un ejemplo de estímulo ambiental es la radiación visible. La luz, aparte de provenir de focos emisores como el sol o de luces artificiales, también nos puede llegar desde los propios objetos materiales por reflexión difusa haciéndolos visibles de esta forma ante nuestros ojos.

Nuestros órganos receptores visuales, los ojos, captan un determinado campo visual del entorno que nos rodea en el continuo del tiempo apareciendo de esta manera la visión. Las diferentes longitudes de ondas visibles distribuidas sobre nuestro campo visual crean la imagen visual, donde cada longitud de onda se ve como un color diferente (Caivano⁷⁴; “*El color es la sensación visual producida por diferentes composiciones espectrales de la Luz*”) y las distribuciones de estos colores sobre nuestro campo visual se nos muestran como formas y figuras.

A parte de las cualidades de color y forma, la imagen visual tiene las características de ser tridimensional y continua en el tiempo. Es decir, la estereoscopía junto con otros efectos visuales y ciertas asociaciones perceptuales nos dan la sensación de profundidad y espacialidad. Por otro lado, la continuidad visual en la dimensión temporal nos permite experimentar la visión de forma dinámica, es decir, nos permite percibir los movimientos propios y externos.

De todos nuestros órganos sensoriales, lo normal es que demos prioridad a unos frente a otros, dado que ciertos estímulos nos interesan o activan más nuestra atención que otros. De hecho, incluso sobre un mismo tipo de información sensorial hacemos una selección. Esos estímulos son los que denominamos *estímulos atendidos*.

Por ejemplo, sobre el campo de nuestra imagen visual solo atendemos a aquellos colores y formas que nos interesan o que nos llaman la atención. Al ir conduciendo prestamos gran atención a las señales de tráfico o las luces de un semáforo.

En una imagen visual, podemos encontrar gran cantidad de información, sin embargo solo nos fijamos en aquella que es de nuestro interés. Al fijarnos en un objeto, por ejemplo como podría ser un edificio, absorbemos la luz que nos llega desde este conformándose como *estímulos en los receptores*. Pero la información que nos aportan esos fotones absorbidos, ha de ser transmitida y llevada a nuestro cerebro a través de una transformación energética, en este caso en forma de impulsos eléctricos los cuales se proyectan en nuestro cerebro formando lo que denominamos la imagen visual. Ese proceso es la *transducción* y lo que experimentamos son *sensaciones*.

Pero el proceso no acaba ahí, siempre intentamos dar una respuesta a nuestras sensaciones apareciendo de forma instantánea nuestras percepciones. Es decir, *procesamos* la información, en este caso la imagen visual, buscando elementos significantes, asignándolos mediante el *reconocimiento* y la *categorización*, y reaccionamos con una *percepción*, es decir, creando *una respuesta o concepción mental y emocional*. Estos procesos se denominan *Down-Up* o guiados por los datos, ya que la información que se utiliza es la de la imagen retiniana.

No obstante, también aparece un procesamiento donde esta información es contrastada con *el conocimiento almacenado en nuestro cerebro*, es decir con nuestros recuerdos y experiencias pasadas en lo que se denomina procesamiento *Up-Down*. Aquí, buscamos rasgos que ya hemos visto anteriormente, asignamos a una categoría que conocemos y damos una respuesta contrastada con otras experiencias vividas anteriormente, archivando el nuevo conocimiento adquirido. Debido al hecho de que la información procesada, los recuerdos y las vivencias son personales y diferentes para cada individuo, nuestras percepciones son totalmente *subjetivas*, por lo tanto la respuesta perceptiva ante un mismo acontecimiento será diferente para cada individuo.

En nuestro esquema, en el *output* del proceso aparece una *reacción*. Por ejemplo, si algo nos agrada visualmente entonces

⁷⁴ CAIVANO, José Luis. 2007. *Simetrías en color y Cesiá: Percepción de la composición espectral y la distribución espacial de la luz* (Buenos Aires: Forma y Simetría: Arte y Ciencia. Congreso de Buenos Aires, 2007/ 2 - 4)

la reacción es positiva. Por ejemplo, cuando la sensación visual procesada provoca una respuesta emocional positiva mucha gente exclama y reacciona diciendo algo como "guau". Por otro lado, cuando la reacción es negativa, debido a que no nos transmite sensaciones positivas, entonces nuestra respuesta es de desagrado.

El proceso continúa de forma cíclica, nuestra imagen visual varía cuatro veces por segundo y al variar, cambian los estímulos y con ellos todo el proceso perceptivo. De esta forma, interaccionamos continuamente con nuestro medio ambiental, dando respuestas y reaccionando ante nuestras percepciones sobre las acciones atendidas.

De igual forma, nuestra concepción mental del entorno y de los objetos que nos rodean también es variable, ya que esta se va reconstruyendo constantemente, según vamos experimentando, redescubriendo y almacenando la variabilidad espacial y temporal de nuestro ambiente con nuevas percepciones.

5.1.3.2. Los sentidos

Nada llega a nuestro conocimiento si antes no captado por nuestros sentidos. Los sentidos nos producen sensaciones que son procesadas por nuestro cerebro.

La sensación constituye la fase inicial de la percepción con la recepción, la transmisión y organización de la información a nuestro cerebro. Una sensación aparece cuando un órgano de nuestros sentidos actuando como receptor, es estimulado por una acción física como la luz, el calor, una fuerza, etc. El órgano capta esta acción y la transmite por el sistema nervioso mediante conexiones sinápticas.

Tipos de receptores sensoriales

Los seres humanos tenemos los cinco sentidos *exteroceptores* que usamos para recibir información del mundo exterior⁷⁵: vista, gusto, oído, tacto y olfato. Pero también tenemos otros sentidos llamados *interoceptores* que reciben información procedente del interior de nuestro organismo y los sentidos *propioceptores* que nos advierten del movimiento, es decir, nos permiten sentir nuestros músculos y articulaciones. Sobre este último sentido, notamos su valor informativo por ejemplo cuando se nos duerme un pie y nos damos cuenta de lo difícil que resulta moverlo y apoyarlo adecuadamente en el suelo.

La *cenestesia* es el conjunto vago de sensaciones que un individuo posee sobre su cuerpo interior. Un término relacionado es la *cinestesia* o *kinestesia* que nos ayuda a mantener el equilibrio cuando andamos o cuando montamos en bicicleta, es decir es el equilibrio del cuerpo en el espacio-tiempo.

Por otro lado, no todos los receptores necesitan ser estimulados para iniciar los impulsos sensoriales; la realidad es que, desde este punto de vista, los receptores pertenecen a cuatro clases distintas: Sentidos que se ajustan al modelo clásico, o sea que reaccionan a la entrada del estímulo. Sentidos que no reaccionan cuando el estímulo incide sobre ellos, sino al cese de la estimulación. Sentidos que reaccionan al comienzo y al cese del estímulo, esto es, dependen de los cambios de la energía incidente. Sentidos de descarga espontánea, que emiten impulsos a un ritmo lento, y cuyas descargas tónicas son moduladas por las variaciones de la energía incidente.

La interacción sensorial

⁷⁵ CORDOBA GARCIA, Francisco. 2004. *El cuerpo humano*. (Universidad de Huelva: Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública) Documentación PDF.

Como hemos comentado los diferentes sentidos interaccionan entre sí actuando de esta forma en la sensación global que nos transmite el medio⁷⁶. La percepción de los objetos no sólo puede conseguirse mediante el sentido de la vista, sino también mediante el tacto, el oído y el olfato. El sistema conocido como sistema de *sustitución sensorial* muestra que los observadores también pueden percibir objetos a partir del tacto.

El espacio puede percibirse de forma visual y con la referencia del sonido. La percepción de la profundidad visual depende, al menos en parte, de las diferencias en la información que se recibe de los dos ojos; por su parte, la percepción del espacio auditivo depende de las diferencias en la información recibida por los dos oídos. Además de esta similitud en cuanto a los mecanismos, hay muchas similitudes perceptivas entre la percepción del espacio auditivo y la percepción del espacio visual, pero también un buen número de diferencias.

La *sinestesia* es la situación en la que la estimulación de un sentido como por ejemplo el sonido, provoca una experiencia perceptiva en otro sentido como puede ser la vista. Parece tener su causa por la excitación de áreas cerebrales de los dos sentidos. Las experiencias cruzadas también se producen en personas que no experimentan sinestesia, por lo que una persona puede asociar el color amarillo a un tono más alto que el color verde.

Existen neuronas en el sistema visual del mono que responden al tacto en un lugar concreto del cuerpo y a los estímulos visuales presentados cerca de dicha parte del cuerpo. Estas neuronas reciben el nombre de neuronas bimodales, puesto que responden a más de un sentido. Además, se les llama neuronas centradas en el cuerpo, puesto que su respuesta a estímulos visuales se describe mejor respecto al lugar del cuerpo que causa una respuesta, y no respecto al lugar estimulado en la retina.

Nuestra percepción del movimiento no está limitada a la vista. La percepción del movimiento aparente también puede basarse en la estimulación de la piel. Existen varias similitudes entre la percepción del movimiento visual y la percepción del movimiento táctil. Tanto las mediciones psicofísicas como fisiológicas indican que los dos tipos de movimiento se ven igualmente afectados por la duración de los estímulos.

La vista no es el único sentido implicado en la coordinación entre la percepción y la acción. El oído también puede estar vinculado a la vista. A pesar de las enormes diferencias entre la experiencia del tacto y la experiencia de la vista, los dos sentidos que crean la sensación de forma comparten varios mecanismos comunes. Existen similitudes en el nivel de los receptores y el nivel del cerebro, las cuales pueden servir como ejemplos de la plasticidad de ambos sentidos, así como que hay puntos en los que existe una interacción entre la vista y el tacto.

Los colores de los alimentos y los líquidos pueden influir en nuestro juicio sobre los sabores, puesto que los colores extraños pueden dificultar la identificación de un sabor concreto. Cuando el color coincide con el sabor, las personas pueden identificar los sabores con más facilidad. También se han obtenido resultados similares con los olores, hasta el punto de que se ha sugerido que el color proporciona información arriba-abajo que nos ayuda a identificar de forma más precisa las sustancias basándonos en su olor. Las investigaciones sobre la forma en la que el color afecta a la identificación de los olores han obtenido resultados similares: cuando el color coincide con el olor, los sujetos identifican dicho olor con más facilidad.

5.1.3.3. El sentido de la vista

⁷⁶ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo). Cruce entre sentidos. Pág. 327.

Como introducción al tema de la visión queremos comenzar con John Berger⁷⁷ hablando de lo visible;

“... lo visible no existe es un invento. Lo visible no existe en ninguna parte. No sabemos de ningún reino de lo visible que mantenga por sí mismo el dominio de su soberanía. Tal vez la realidad, tantas veces confundida con lo visible, exista de forma autónoma, aunque este ha sido siempre un tema muy controvertido. Lo visible no es más que el conjunto de imágenes que el ojo crea al mirar. La realidad se hace visible al ser percibida. Y una vez atrapada, tal vez no pueda renunciar jamás a esa forma de existencia que adquiere en la conciencia de aquel que ha reparado en ella. Lo visible puede permanecer alternativamente iluminado u oculto, pero una vez aprehendido forma parte sustancial de nuestro medio de vida. Lo visible es un invento. Sin duda, uno de los inventos más formidables de los humanos. De ahí el afán por multiplicar los instrumentos de visión y ensanchar así, sus límites...”

Nuestro sistema nervioso tiene gran importancia en el proceso perceptivo. No solamente nos limitamos a absorber la información del exterior, percibimos nuestro entorno tras filtrarlo a través de nuestro sistema nervioso y al interpretarlo en nuestro cerebro. A continuación repasaremos los componentes básicos del sistema nervioso a nivel fisiológico.

El sistema visual

En este punto, solo desarrollaremos las características básicas de la visión humana, ya que se analizarán con más profundidad adelante (5.1.3.3↔5.3.1).

Aunque tenemos la sensación de que estamos en contacto directo con el entorno, esta sensación es tan sólo ilusoria, pues todo lo que percibimos está determinado indirectamente, a través de la transformación de estímulos ambientales en señales eléctricas y de la transformación de estas señales en experiencia consciente.

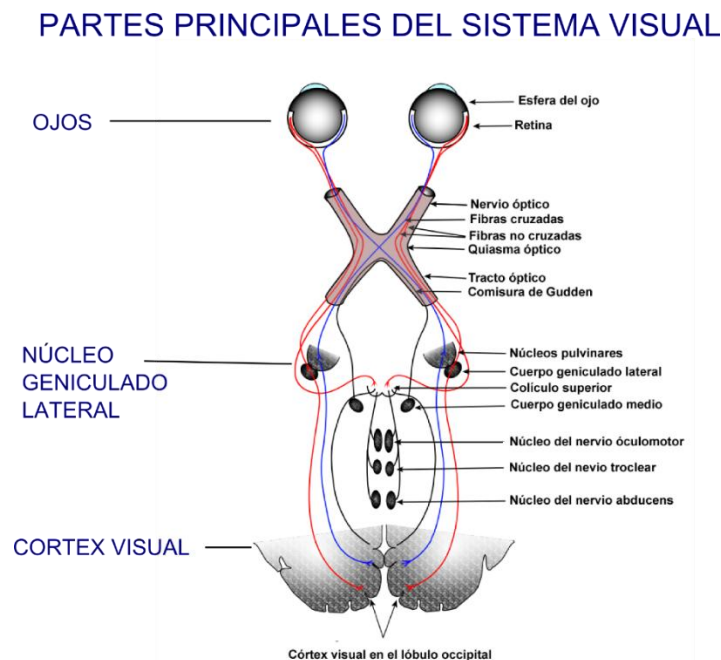


Figura 41

⁷⁷ BERGER, John. 2007. *Modos de ver.* (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

La luz visible, o lo que es lo mismo, la estrecha banda de energía electromagnética que podemos ver, es el estímulo que actúa sobre el *sistema visual*. Las tres partes principales del sistema visual (Figura 41) son los dos *ojos*, *el núcleo geniculado lateral del tálamo* y *el área receptora del córtex visual occipital*. También hay áreas corticales fuera del área receptora visual, llamadas *córtex estriado*, que son responsables del procesamiento de nivel superior. Estos tres segmentos Sanz⁷⁸ los describe como: *Segmento óptico, segmento talámico y segmento cortical*.

El ojo

Cada ojo presenta una capa de receptores, un sistema de lentes para enfocar la imagen sobre estos receptores y un conjunto de terminaciones nerviosas encargadas de transmitir los potenciales de acción hacia el cerebro⁷⁹.

El enfoque

El proceso visual comienza cuando la luz proveniente de los objetos se introduce en el ojo y es enfocada por *la córnea* y *el cristalino* para formar una imagen nítida en *la retina*. El proceso de acomodación, en el que el cristalino cambia de forma, permite que el ojo ajuste su foco a diferentes distancias. Cuando miramos directamente a un objeto, su imagen se proyecta en la *fóvea* que es el punto de enfoque central.

La recepción de estímulos

No toda nuestra imagen visual se encuentra enfocada, según nos retiramos de la fóvea la imagen va perdiendo nitidez. La luz que entra en el ojo se reparte por la superficie de la retina creando la imagen visual. Cada rayo de luz que llega a la retina tiene unas cualidades físicas diferentes por lo que las diferencias entre estos nos permiten discernir entre unas formas y otras. La imagen exterior se proyecta en la retina de forma invertida, para ser luego reconvertida en procesos posteriores.

El ángulo visual es el ángulo de un objeto respecto al ojo del observador. La imagen muestra un ejemplo de cómo se determina el ángulo visual de un estímulo en una persona. Se alargan las líneas que van desde el estímulo al cristalino del ojo del observador. El ángulo comprendido entre las líneas es el ángulo visual. Obsérvese que el ángulo visual depende del tamaño del estímulo y de su distancia respecto al observador, por lo que cuando el estímulo se aleja, como en la imagen, su ángulo visual se hace más pequeño.

Una vez que llega la luz a la retina comienza la *estimulación* que afecta a dos tipos de receptores visuales, a saber, *bastones* y *conos*.

Cada uno de estos receptores tiene propiedades distintas. En primer lugar, se distribuyen de forma distinta en la retina; por ejemplo en la *fóvea* que sólo hay conos. El lugar en el que *el nervio óptico* abandona el ojo está desprovisto de receptores y, por tanto, recibe el nombre de punto ciego.

Hay aproximadamente 5 millones de conos en cada retina, pero como la fóvea es pequeña 0,4mm de diámetro, contiene apenas 50.000 conos, es decir, un uno por ciento del total de conos retinianos. La mayor parte de los conos se encuentran en la *retina periférica*, que es la zona que rodea la fóvea y contiene tanto bastones como conos. Sin embargo, en esta área el número de bastones supera al de los conos en una proporción aproximadamente de 20/1, puesto que la totalidad de los 120 millones de bastones de la retina se ubican en la periferia.

⁷⁸ SANZ, Juan Carlos. 1993. *El libro del color*. (Madrid: Alianza Editorial- Arte), Fotorrecepción .Pág 89-90.

⁷⁹ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

Bastones y conos están orientados en la dirección opuesta a la luz (Figura 42), por lo que ésta pasa por otras neuronas retinianas antes de alcanzar los receptores⁸⁰. Una de las razones por las que éstos se orientan en dirección opuesta a la luz es que, gracias a ello, pueden estar en contacto con una capa de células denominada *epitelio pigmentado*, que contiene nutrientes y sustancias llamadas *enzimas*, que son esenciales para el funcionamiento de los receptores. La luz no tiene dificultades para atravesar las células *ganglionares*, *amacrinas*, *bipolares* y *horizontales*, debido a que todas ellas son transparentes.

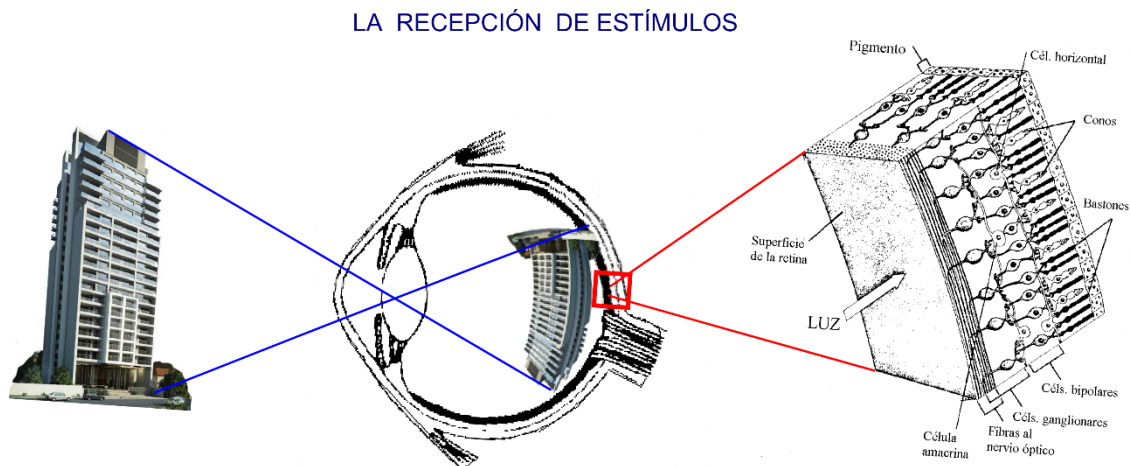


Figura 42

Cuando una molécula de pigmento visual de un receptor absorbe luz, se *isomeriza* y comienza una reacción en cadena que provoca la activación del receptor, por lo tanto la isomerización da lugar a una señal eléctrica.

El procesamiento neuronal mediante convergencia se produce cuando una serie de neuronas crean *sinapsis* en una sola neurona. Por lo general los bastones convergen mucho más que los conos, y esta diferencia en convergencia tiene consecuencias en la percepción. La alta convergencia de los bastones produce mayor *sumación espacial* y, por ello, la visión mediante los bastones permite una mayor sensibilidad que la mediada por los conos. La reducida convergencia de estos últimos es parcialmente responsable de que permitan mayor *agudeza espacial* que los bastones.

Los circuitos neuronales se forman mediante diversas neuronas interconectadas. Al combinar convergencia, excitación e inhibición, los circuitos pueden procesar información de modo que ciertas neuronas presenten una respuesta óptima a propiedades concretas de un estímulo, como puede ser una línea de una longitud específica.

El campo receptivo de una neurona del sistema visual es el área de la retina que, cuando se estimula, afecta a la frecuencia de activación de dicha neurona. Las células ganglionares tienen campos receptivos centro-periferia, lo que provoca una respuesta excitatoria cuando se estimula el centro y una respuesta inhibitoria cuando se estimula la periferia. En otras células, el centro puede ser inhibitorio y la periferia, excitatoria.

⁸⁰ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

El nervio óptico

Después de formarse la imagen en la retina. La luz, en un patrón que ilumina algunos receptores de forma intensa y otros de forma tenue, es absorbida por las moléculas de pigmento visual situadas en los segmentos exteriores de los bastones y los conos. Las reacciones químicas que se producen en estos segmentos exteriores *transducen* la luz en señales eléctricas. Conforme estas señales eléctricas viajan por la retina, interactúan, se activan y se inhiben y finalmente, muchas de ellas llegan hasta las células ganglionares que, debido a este procesamiento, tienen campos receptivos centro-periferia en la retina. Los *axones* de las células ganglionares abandonan el ojo por la parte posterior, y cada uno se convierte en señal dentro del nervio óptico que las transporta al núcleo geniculado lateral (NGL).

El núcleo geniculado lateral del tálamo (NGL)

El NGL⁸¹ es el primer lugar al que llega la mayor parte de las señales del nervio óptico después de abandonar el ojo. Las neuronas del NGL tienen campos receptivos centro-periferia similares a los de las células ganglionares. El NGL recibe información de muchas fuentes, incluido el córtex. Según parece, la función principal del el núcleo geniculado lateral, no es crear nuevas propiedades del campo receptivo, sino regular la información neuronal que sale de la retina de camino al *córtex visual*. La información de los ojos izquierdo y derecho se mantiene separada en el NGL (Figura 43), en las capas 2, 3 y 5 y 1, 4 y 6 respectivamente. También se organiza como *mapa retinotópico*, de manera que cada ubicación del NGL corresponde a ubicaciones adyacentes de la retina. El NGL también se organiza por los tipos de células ganglionares que llegan de la retina: las células *M* llegan a las capas 4, 5 y 6 y las células *P* a las capas 1 y 2.

Aunque el hecho de que el objeto aparezca representado en diversas columnas separadas del córtex pueda parecer sorprendente, simplemente confirma una propiedad básica de nuestro sistema perceptivo. La representación de un estímulo en el córtex no tiene que parecerse al estímulo; sólo tiene que contener la información que representa el estímulo. La representación del objeto en el córtex visual se consigue mediante la activación de las neuronas de diferentes columnas de dicho córtex. Por supuesto, nuestra percepción del objeto puede no estar basada en esta representación concreta, pues, las señales del área V1 se desplazan a otros lugares del córtex para continuar procesándose.

LAS CAPAS DEL NGL Y EL CÓRTEX

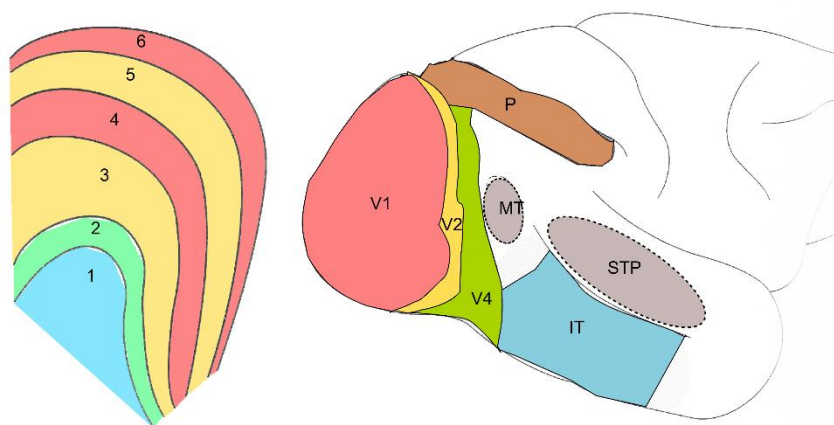


Figura 43

⁸¹ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

El córtex estriado

Se encuentra organizado de varias formas, creando un *mapa retinotópico* en el córtex⁸². Este mapa indica que las señales que llegan hasta el córtex desde la fovea ocupan un área cortical mucho mayor de lo que cabría esperar teniendo en cuenta el reducido tamaño de la fovea en comparación con la retina. Este fenómeno recibe el nombre de *factor de magnificación cortical*.

El córtex se encuentra organizado en *columnas de localización*. Todas las neuronas que se encuentran en una columna perpendicular a la superficie cortical tienen campos receptivos en aproximadamente el mismo lugar de la retina. El córtex estriado también está organizado en *columnas de orientación*: todas las neuronas de cada una de estas columnas están sintonizadas a la misma orientación. También hay columnas de *dominación ocular*: todas las neuronas de estas columnas responden a la estimulación de uno solo de los ojos. Por último, puede suponerse que todas estas columnas están organizadas en *hipercolumnas*, que forman un módulo que procesa la información de las imágenes que se crean en un punto concreto de la retina.

Un objeto que tiene una imagen en la retina suficientemente grande para estimular varias columnas de localización distintas se representará en el córtex mediante la activación de las neuronas de diversas *hipercolumnas* que estén sintonizadas a la orientación del objeto. Así, un objeto simple, como puede ser una columna del patio de los leones, puede representarse mediante la activación de diversas áreas separadas del córtex estriado.

Investigaciones recientes han demostrado que la respuesta de algunas neuronas del córtex estriado (V1) se ve afectada por el contexto que rodea al estímulo. Este efecto, que recibe el nombre de *modulación contextual*, tarda cierto tiempo en desarrollarse, lo que puede deberse a las señales que se envían de vuelta al área V1 desde niveles superiores del córtex.

Hay dos corrientes de procesamiento que conducen la información desde el *córtex estriado* al *córtex extraestriado*. La *corriente dorsal* se dirige al *lóbulo parietal*, mientras que la *corriente ventral* llega al *lóbulo temporal*. Algunos investigadores asignan el nombre de *vía del dónde* es decir, la localización de un objeto en el espacio, a la corriente dorsal, mientras que otros prefieren llamarla “vía del cómo” o “de la acción”. Por su parte, la corriente ventral se conoce con el nombre de *vía del qué* ya que sirve para la identificación de los objetos.

Las investigaciones han demostrado que la evaluación de la orientación y la coordinación de la vista y la acción, que están sujetas a mecanismos diferentes, que probablemente, son prácticamente independientes entre sí.

Las investigaciones electrofisiológicas realizadas con monos han aportado pruebas de que el *área temporal media (TM)* es un módulo especializado en el proceso de información sobre el movimiento, mientras que el *área inferotemporal (IT)* está especializada en procesar información sobre la forma. Hay neuronas en el córtex IT que responden mejor a las caras. Esta área, que al parecer también existe en los humanos, recibe el nombre de *área fusiforme facial (AFF)*.

El *código sensorial* es la información contenida en la activación de las neuronas que representa lo que percibimos. Existen dos ideas principales en torno a la codificación sensorial: la *especificidad de la codificación sensorial* es la representación de estímulos específicos mediante la activación de las neuronas que están especializadas en responder a estos estímulos; por otra parte, la *codificación distribuida* es la representación de estímulos específicos mediante el patrón de activación de muchas neuronas.

⁸² GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

Es probable que la mayor parte de la codificación sensorial del sistema visual sea codificación distribuida, puesto que incluso las *neuronas de las caras*, que están especializadas en responder a una categoría específica de estímulos como son las caras de las personas, responden a diversos estímulos dentro de dicha categoría. Además, la codificación, puesto que la actividad de sólo un reducido número de neuronas, puede representar un gran número de objetos distintos.

Estudios recientes han demostrado que la sintonización que se produce en las neuronas para responder a estímulos concretos puede modelarse con la experiencia. Es decir, las neuronas pueden aprender y especializarse basándose en los estímulos a los que se ven expuestas.

También se ha demostrado que existe una estrecha relación entre la activación neuronal y la percepción. El problema de la *integración* se refiere al problema que supone combinar la información que se está recibiendo en diferentes áreas del córtex para alcanzar una percepción coherente de un objeto. A este respecto se ha formulado la hipótesis de que esta integración puede estar basada en la sincronización de la respuesta neuronal que ocurre en diferentes áreas del córtex como respuesta a un objeto concreto.

Los estudios de imágenes cerebrales indican que los objetos tridimensionales activan un área del *córtex IT*. Los objetos imposibles no activan esta área, pero activan *el hipocampo*, que interviene en el procesamiento de estímulos nuevos.

La construcción de imágenes en el proceso visual temporal

Visualizar es la capacidad de formar imágenes mentales. La visión es temporal. No vemos una sola instantánea la visión es un proceso constructivo que se desarrolla en el tiempo. Para ejemplificar la forma en la que construimos lo visual proponemos el comentario de E. H. Gombrich⁸³;

“...Hogarth tenía razón al recordarnos el ámbito limitado de la visión enfocada. La fovea centralis, única en ser capaz de una definición nítida, cubre menos de un grado, en tanto que el resto de nuestro campo visual aparece progresivamente indistinto cuanto más alejado esté de la fovea. A diferencia de los límites de resolución, esta desigualdad en nuestra visión rara vez obstaculiza nuestra atención, y puesto que los ojos son muy móviles, podemos construir una imagen detallada de cualquier objeto que deseemos inspeccionar. Lo hacemos con facilidad tanto mayor cuanto que nuestras impresiones visuales no se desvanecen inmediatamente, sino que permanecen el tiempo suficiente como para permitirnos convertir el mosaico de pequeñas instantáneas en una imagen coherente y consciente. Sin embargo, cualquiera que sea el aspecto final de esta imagen, es en realidad una construcción. La facilidad de percepción corresponde a la facilidad de construcción. Si observamos el contraste en esta conexión entre la retícula de las losas y el pavimento irregular. Con seguridad, el primero es más fácil de aprehender que el segundo.. (Figura 44).”

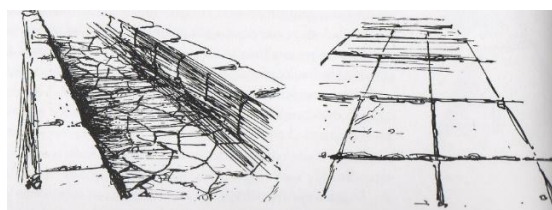


Figura 44

⁸³ GOMBRICH, E.H. 2004. *El sentido del orden*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate)

5.2. INTERACCIÓN ENTRE ELEMENTOS

5.2.1. TIPOS DE INTERACCIONES

En un primer lugar vamos a ver como la apariencia de los objetos depende en gran medida de la forma en la que su materia interactúa con la luz. Esta interacción le otorga al material unas propiedades ópticas concretas. Estas propiedades físicas se pueden medir y comparar con diferentes instrumentos científicos, por lo tanto los datos obtenidos de esta interacción serán objetivos.

Por otro lado, en segundo lugar estudiaremos cuando la luz proveniente de la interacción anterior llega al observador. En este caso el objeto percibido adquiere unas cualidades visuales singulares que dependen de la interacción de estos tres elementos. Por lo tanto, la variabilidad de posibilidades de interacción entre los tres elementos es múltiple.

5.2.2. LA INTERACCIÓN LUZ-MATERIA

En un primer lugar, desde el nivel de las partículas elementales que conforman su composición, no visibles para el ojo humano, pasando posteriormente hasta niveles macroscópicos superiores, es decir de la forma y de la factura superficial del material que vemos al percibir los objetos

5.2.2.1. Variabilidad en la interacción luz-materia

La interacción luz-materia puede variar en función de las características de la *luz incidente* y de la *materia* que recibe dicha luz. Estas características se han descrito en el punto anterior. No obstante, las podemos concretar de la siguiente forma: En cuanto a la luz incidente, puede variar tanto en *cantidad* como en *cualidad*. En cantidad podemos encontrarnos con una sola luz o con varias luces que actúan sobre el material. Sobre este concepto también podemos encontrarnos con una intensidad de la luz o con otra, o incluso con diferencias entre las diferentes luces que actúan. En torno a la cualidad podemos encontrar diferentes tipos y direcciones de luces, así como diferentes rangos de frecuencias y luces variables. En cuanto a la materia que recibe la luz, podemos encontrarnos con diferencias *globales* y *parciales*. Las diferencias son globales cuando afectan a la forma y a la estructura tridimensional, cuando las diferencias atienden a las diferentes cualidades de cada una de las superficies del objeto posee se definen como parciales.

5.2.2.2. Modelos físicos

La interacción luz-materia puede ser estudiada desde diferentes modelos físicos. La interacción puede estudiarse como un sistema energético, se puede estudiar desde el punto de la geometría óptica, se puede estudiar como un modelo de osciladores o como un modelo cuántico. Cada modelo nos sirve para explicar ciertas cualidades o propiedades de la interacción y algunas propiedades pueden explicarse desde varias perspectivas a la vez.

Modelo de conservación de la energía

La luz es una acción energética⁸⁴ que actúa en la materia de los cuerpos materiales cuando estos se interponen en su camino. Por lo tanto, cuando estas condiciones aparecen se produce una reacción lumínica.

⁸⁴ ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

Cuando la luz se encuentra con la materia cumple las leyes de conservación de la energía, por lo que la energía de entrada debe ser igual a la suma de las resultantes, o sea la energía radiante que incide sobre un objeto debe ser igual a la energía que refleja hacia el exterior, más la energía que absorbe quedándose dentro del material, más la energía que traspasa el material, transmitiéndose. Esta igualdad energética la podemos representar de la siguiente forma:

$$\varphi(\lambda) = R(\lambda) + T(\lambda) + A(\lambda)$$

Donde $\varphi(\lambda)$ representa a la luz incidente sobre el objeto, $R(\lambda)$ a la energía reflejada, $T(\lambda)$ al flujo transmitido y $A(\lambda)$ a la cantidad de luz absorbida por la materia. Por otro lado, podemos normalizar estas cantidades y dividir las entre $\varphi(\lambda)$, obteniendo:

$$I = R + T + A$$

Donde R representa la *reflectancia*, T representa la *transmitancia* y A la *absortancia*, las cuales son características básicas que definen las propiedades ópticas de un material.

Para que estos fenómenos se produzcan el objeto con el que choque la luz debe tener un tamaño superior a la longitud de onda de la luz visible, es decir 700 nm ó 0,7 micras. Por debajo de este tamaño no hay actividad óptica.

Por lo tanto, la luz puede ser absorbida, reflejada o transmitida. Dado que solo nos interesa la luz que llega los ojos del observador, nos interesa la luz reflejada y la transmitida. Sin embargo la absorción no nos interesa, ya que se traduce en un aumento de la energía calorífica en la materia del cuerpo. Por otro lado, un cuerpo material puede ser emisor, es decir puede emitir luz por sí mismo, por lo que nos interesa también este tipo de acción.

En función de estas cualidades podemos clasificar los materiales en: *Material emisor* que es cuando emite luz visible por sí mismo, y en *Material re-emisor* es cuando interacciona con la luz mediante reflexiones y/o transmisiones (Figura 45).

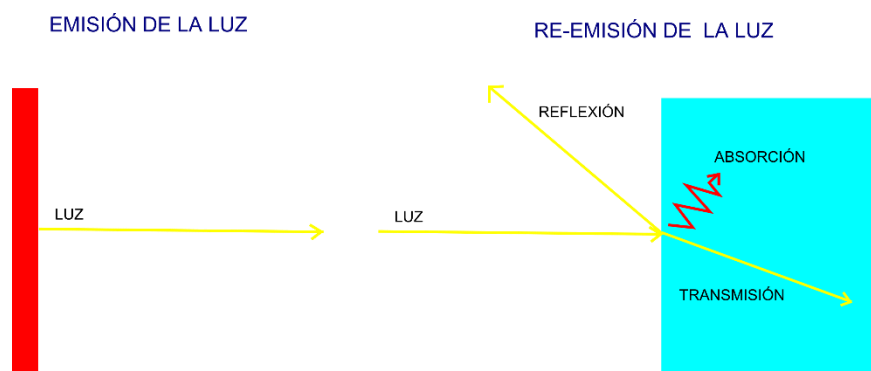


Figura 45

Por otro lado, puede darse el caso donde no actúe alguna de estas características, incluso el caso hipotético de que no actúen dos. Ejemplos ideales serían el de un material opaco que reflejara toda la luz que le llegue, o un objeto transparente que transmita toda la luz, o podría existir un material negro que absorbiera toda la luz que le llegase. Pero lo normal, es que ninguna característica actúe sobre el 100%, por lo que lo normal es actúen estas características con diferentes tantos por cientos. Por ejemplo, un vidrio óptico incoloro transparente refleja el 8% de la luz incidente, absorbe el 1% y transmite el resto.

El valor de estas características depende, por un lado, de la composición química y estructura de los objetos, o sea de la *materia* y, por otro, de la *luz incidente* sobre ellos.

Modelo de la física óptica: La reflexión y la refracción⁸⁵.

Este modelo analiza las reacciones de la luz de reflexión y refracción de forma geométrica sin entrar en el estudio de composición de la materia. En concreto, estudia las interacciones en función de la forma y geometría de la superficie, del rayo luminoso incidente, así como las características del material, expresada según su *índice de refracción*.

La Reflexión

Es el cambio de dirección, en el mismo medio, que experimenta un rayo luminoso al incidir de forma oblicua sobre una superficie (Figura 46). Este cambio de dirección cumple unas leyes deducidas por Huygens y que afectan también a la refracción:

- **1a. ley:** El rayo incidente, el reflejado y el refractado se encuentran en el mismo plano.
- **2a. ley:** Los ángulos de incidencia y reflexión son iguales, entendiendo por tales los que forman respectivamente el rayo incidente y el reflejado con la perpendicular (llamada Normal) a la superficie de separación trazada en el punto de incidencia.

En el caso concreto de incidir el rayo sobre la superficie de forma perpendicular se puede producir una *retroreflexión* o sea, reflejar la luz de vuelta hacia la fuente emisora.

Por otro lado, podemos decir que el camino de los rayos de luz es *reversible* es decir, un rayo que va de un punto a otro seguirá exactamente la misma trayectoria en sentido contrario, algo que también se cumple en la refracción.

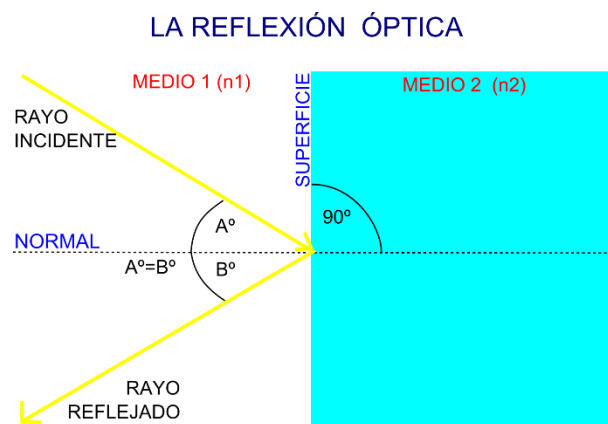


Figura 46

El tanto por ciento de luz reflejada se denomina *reflectividad* o *coeficiente de reflexión*. Cada material tiene una reflectividad concreta que va desde el 97% de una plata brillante, pasando por el 50% de un hierro o el 4% de un material negro. La reflectancia se mide en un espectrofotómetro, midiendo de forma diferente la reflexión especular que la difusa.

La Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro con una densidad óptica diferente, sufriendo un cambio de rapidez y un cambio de dirección si no incide perpendicularmente en la superficie.

⁸⁵ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

Para que se produzca la onda debe incidir oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios. En el caso de incidir perpendicularmente a la superficie el rayo se transmite sin desviarse. Por lo tanto, solo se producirá si estos tienen índices de refracción distintos. Por otro lado, en general no es posible que toda la onda sea refractada, existiendo siempre una determinada porción de onda reflejada.

La *transmitancia* es el tanto por ciento de luz que se transmite a través del material en función del 100% de luz incidente.

La luz sufre cierta *dispersión* con la refracción, que se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda. La velocidad de la penetración de la luz en un medio distinto del vacío está en relación con la longitud de la onda y, cuando un haz de luz blanca pasa de un medio a otro, cada color sufre una ligera desviación. Este fenómeno es conocido como dispersión de la luz.

La refracción cumple las mismas leyes que la reflexión. Además, físicamente se puede calcular el *índice de refracción*, así como el ángulo de refracción aplicando la *ley de Snell*.

El índice de refracción (n) es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo y está definido como el cociente de la velocidad (c) de un fenómeno ondulatorio como luz o sonido en el de un medio de referencia respecto a la velocidad de fase (v_p) en dicho medio:

$$n = c / v_p$$

Generalmente se utiliza la velocidad de la luz, c en el vacío como medio de referencia para cualquier materia, aunque durante la historia se han utilizado otras referencias, como la velocidad de la luz en el aire. El índice de refracción en el aire es de 1,00029 pero para efectos prácticos se considera como 1, ya que la velocidad de la luz en este medio es muy cercana a la del vacío. Otros ejemplos son el agua con 1,33, el vidrio corriente con 1,52 o el diamante con 2,42 en condiciones normales de presión y temperatura del bar y 0°C.

La refracción se explica por medio de la ley de *Snell*. Esta ley, así como la refracción en medios no homogéneos, son consecuencia del principio de *Fermat*⁸⁶, que indica que la luz se propaga entre dos puntos siguiendo la trayectoria de recorrido óptico de menor tiempo (Figura 47).

La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es igual a la razón entre la velocidad de la onda en el primer medio y la velocidad de la onda en el segundo medio⁸⁷, esto es:

$$n_1 \cdot \sin A^\circ = n_2 \cdot \sin C^\circ$$

Siendo; n_1 : índice de refracción del primer medio, A° : ángulo de incidencia, n_2 : índice de refracción del segundo medio y C° : ángulo de refracción

⁸⁶ CARNICER, Artur; JUVELLS, Ignasi. 2003. *Apuntes de Óptica Física* (Barcelona: Universitat de Barcelona. Departament de Física Aplicada i Òptica)

⁸⁷ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

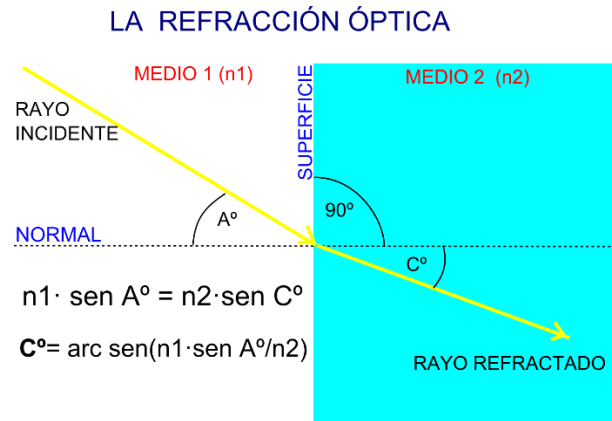


Figura 47

Obsérvese que para el caso de los rayos incidentes de forma perpendicular a la superficie es decir, $A^\circ=0$, los rayos refractados emergen con un ángulo $B^\circ=0$ para cualquier n_1 y n_2 . El ángulo de refracción será más pequeño que el ángulo de incidencia cuando pasa de un medio menos denso a uno más denso debido a que se reduce la velocidad de la luz. Cuando las condiciones sean inversas entonces el ángulo de incidencia será menor que el de refracción.

Existen diferentes conformaciones⁸⁸ en los ángulos de la refracción (Figura 48):

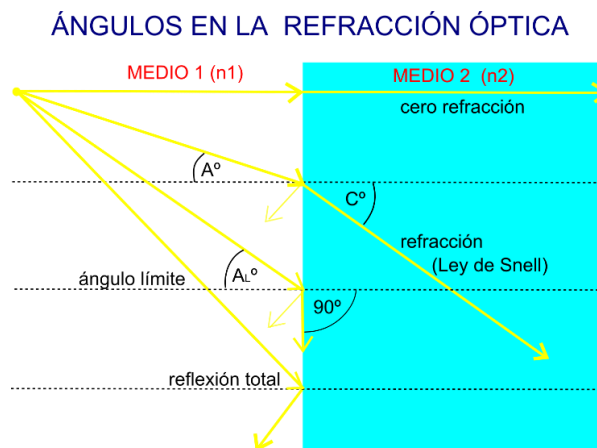


Figura 48

Cero refracción: cuando el rayo incidente es perpendicular a la superficie, no se produce refracción. En este caso la luz no se desvía y la luz mantiene su dirección.

Ángulo crítico: cualquier rayo que incida con un ángulo A° mayor al ángulo crítico A_L° correspondiente a ese par de sustancias, se reflejará en la interfase en lugar de refractarse. Siendo:

$$A_L^\circ = \text{arc sen } (n_2 / n_1)$$

Siendo; n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios con $n_2 < n_1$. Esta ecuación es una simple aplicación de la ley de Snell ($n_1 \cdot \text{sen } A^\circ = n_2 \cdot \text{sen } C^\circ$) donde el ángulo de refracción es 90° . Como $n_2 < n_1$, entonces $C^\circ > A^\circ$. Eso significa que cuando A° aumenta, C° llega a $\pi/2$ radianes (90°) antes que A° . El rayo refractado (o transmitido) sale paralelo a la

⁸⁸ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili). Pág.43.

frontera. Si A° aumenta aún más, como C° no puede ser mayor que $\pi/2$, no hay transmisión al otro medio y la luz se refleja totalmente.

Reflexión interna total: Este fenómeno solo se produce para ángulos de incidencia superiores a un cierto valor crítico, A_L° . Como hemos comentado, para ángulos mayores la luz deja de atravesar la superficie y es reflejada internamente de manera total.

El Modelo de Osciladores

Este modelo aporta respuestas científicas de lo que sucede cuando la luz se encuentra con la materia a nivel de partículas. El modelo de osciladores fue propuesto por Víctor F. Weisskopf⁸⁹ en 1968 y se basa en el análisis de unos osciladores que realizan la simulación vibracional de los electrones de los átomos que forman materia cuando entran en contacto con la luz (Figura 49).

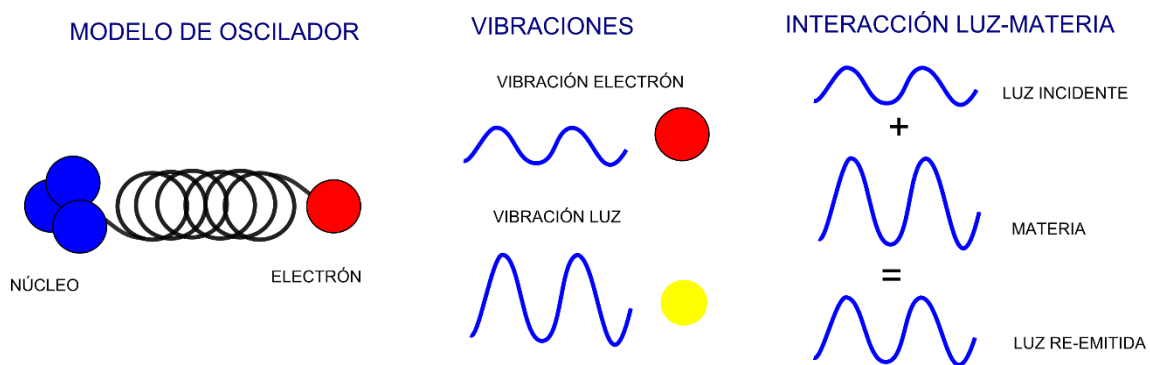


Figura 49

En función de las diferentes estructuras atómicas de la materia la simulación vibracional da diferentes respuestas que son las que nos sirven para estudiar la interacción luz-materia. De forma simplificada, podríamos decir que la luz excita los átomos que componen la materia, los cuales emiten una luz que se suma o se resta a la luz de entrada. En algunos casos la emisión puede ser nula o puede encontrarse en una franja de radiación no visible por el ojo humano. Un átomo excitado vibra en la frecuencia de la luz que la excitó y re-emite la energía en forma de luz en la misma frecuencia. La emisión crucial depende de la luz incidente y reemitida. Cuando una onda de luz con una frecuencia concreta incide en el oscilador pueden darse dos respuestas; una *resonante* o una *no resonante*, las cuales pasamos a describir.

La Resonancia: la absorción

Se produce resonancia al coincidir la frecuencia propia de un sistema (átomo) con la frecuencia de la excitación externa (fotón). Por lo tanto, la razón por la que los objetos absorben la luz se debe a que se produce en ellos una interacción resonante. La luz al ser absorbida no vuelve de regreso a nuestros ojos y por lo tanto no puede ser percibida. Sin embargo, si un objeto absorbe un rango de frecuencias y refleja otro entonces aparece el color. De esta forma, para la aparición del color deben aparecer interacciones resonantes que provoquen la absorción de ciertos rangos de luz visible.

La NO resonancia: la transmisión y la reflexión

⁸⁹ WEISSKOPF, Víctor F. 1968. *Como interactúa la luz con la materia*. (Scientific American Sept. 1968. Trad. Jaime Karles G.)

La No resonancia es la interacción responsable de la mayor parte de los procesos de apariencia visual de los objetos. En la No resonancia las vibraciones son más sutiles y este caso, no puede ser descrito en términos de saltos cuánticos desde un nivel energético a otro.

En el caso de líquidos y sólidos, los electrones en los átomos se encuentran regularmente distribuidos. En la simulación electrónica implica que la distancia entre los osciladores sea pequeña comparada con la longitud de onda de la luz visible. Por un lado, las vibraciones realizan una interferencia *constructiva* en la dirección de avance provocando la *refracción de la onda* y por otro, realizan una interferencia *destruktiva* en todas las otras direcciones, en el caso de un arreglo totalmente regular de la materia, la cancelación es completa. Sin embargo, esto no ocurre así, cerca de la superficie del material. Existe una delgada capa de osciladores en la superficie (cerca de media longitud de onda de profundidad) para la cual la radiación en el sentido contrario al de la propagación no se cancela completamente por interferencia. La radiación devuelta por estos osciladores conforma la *Reflexión*.

Por otro lado, nos encontramos con materiales que reflejan casi la totalidad de la luz que les llega como los metales, en estos materiales no se puede generar ninguna onda refractada, ya que existen muchos electrones moviéndose en fase opuesta a la de la luz, por lo que impide la refracción y la absorción. Esta es la razón por la que metales blancos como la plata y el aluminio son tan brillantes, al reflejar casi totalmente la luz visible que les llega independientemente de su frecuencia, provocan la *Reflexión Especular*, siempre que sus superficies sean *lisas*.

Cuando las sustancias transparentes forman superficies no planas, en forma de pequeños gránulos, siendo cada gránulo de mayor tamaño que la longitud de onda de la luz, las sustancias aparecen blancas, como una lámina de agua helada. Esto es debido a la *Reflexión Difusa o Scattering*. En este caso, la luz que penetra los granos es nuevamente reflejada en las superficies interiores, y luego de varias reflexiones y refracciones regresa nuevamente al ojo del observador desde muchas direcciones. Ya que ninguno de estos procesos discrimina entre los diversos colores, la luz devuelta será del mismo color que la incidente, o sea blanca y difusa.

Cuando existen las dos reflexiones en una superficie, la reflexión especular se superpone a la reflexión difusa. La especular se produce en la fina capa exterior y en la difusa, la luz entra en el material. Cuando sucede esto, es decir, parte de la luz es reflejada en la superficie y parte entra en el material saliendo reflejada de forma difusa entonces se denomina *Reflexión Mixta* y llamamos *brillo* a la parte de la luz reflejada especularmente que se superpone.

Las materias que *si* tienen resonancia con el visible a ciertas frecuencias y que son absorbidas en el material las denominamos *pigmentos o colorantes*. El resto de frecuencias no resonantes son reflejadas y refractadas en el interior produciéndose de esta forma la sensación de *color* cuando esta luz llega a nuestros ojos. El color, por otro lado, también aparece en objetos transparentes y translucidos. En estos casos, las refracciones consiguen traspasar el espesor del objeto.

El Modelo Cuántico

Mediante el modelo cuántico se explican los fenómenos de absorción y de emisión tales como la fluorescencia o la fosforescencia. El modelo realiza una simplificación estableciendo diferentes bandas entre los electrones de energía similar que forman la materia.

En un primer lugar, es importante saber cómo son los niveles energéticos permitidos para los electrones en un material, conociéndolos podemos conocer cómo será de la interacción luz con el material específico. En un sólido, los electrones

de valencia, o sea aquéllos que en estado o nivel fundamental tienen una energía más alta. Estos están influenciados por la estructura que les rodea. En este sentido, pasamos a tener un sistema en el que podemos considerar todos los electrones de valencia, en lugar de poder considerar cada uno con su núcleo individualmente.

Llamaremos *banda de valencia* a los electrones muy similares, pero de energía fundamental levemente diferente. Llamaremos *banda de conducción* a los electrones similares con los *niveles excitados*. El intervalo de energías no posibles para el electrón lo denominaremos la banda prohibida (Figura 50).

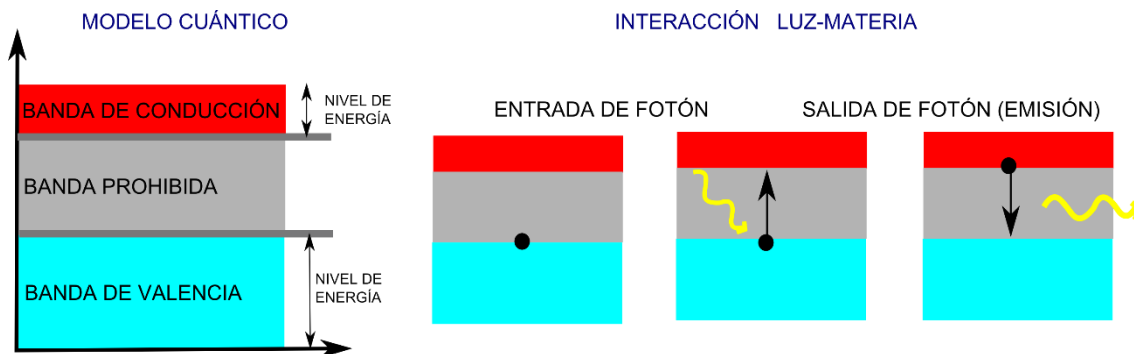


Figura 50

Ahora, si un fotón llega a esta estructura material y su energía es suficiente, podrá hacer pasar a un electrón de valencia a la banda de conducción. Para que esta transición sea posible, el fotón debe tener una energía de al menos el ancho de la banda prohibida, apareciendo de esta forma la *absorción*.

En sentido inverso aparece la *emisión* de luz⁹⁰. Por ejemplo, la materia *emite* luz cuando un electrón se encuentra en el estado excitado en la banda de conducción, tras un cierto período de tiempo vuelve al estado *fundamental* en la banda de valencia. Como la energía ha de conservarse, la diferencia energética se traduce en la producción de un fotón con una energía igual la diferencia energética producida. Este efecto se conoce como *emisión espontánea*, y se caracteriza porque el fotón emitido tiene dirección y fase aleatorias. Un ejemplo para explicar la *refracción* mediante este modelo, se ejemplifica en materiales como el vidrio que posee una banda prohibida muy amplia, de modo que los fotones de luz visible no tienen energía suficiente para producir la transición. La materia permite la transmisión de estos fotones sin absorberlos, es decir, de forma transparente. El ángulo de refracción depende de la forma en la que estén constituidas las bandas.

5.2.2.3. La interacción en función de las cualidades materiales

Superficies planas, en superficies rugosas, en materiales compuestos, en función del grosor, en vértices y aristas en superficies curvas

La interacción en superficies planas

En este apartado vamos a ver los tipos de reflexiones y refracciones que se producen en diferentes materiales homogéneos con superficies planas.

Reflexión

⁹⁰ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

La reflexión *regular*⁹¹, se debe a una delgada capa en la superficie del material de cerca de media longitud de onda de profundidad, para la cual la radiación en el sentido contrario al de la propagación no se cancela completamente por interferencia y se refleja siguiendo las leyes físicas de las ondas.

Cuando la luz ingresa en el interior del material y vuelve a salir por la misma superficie después de ciertas reflexiones y refracciones en el interior entonces la reflexión es *difusa*. Mientras que cuando parte de la luz reflejada proviene de la superficie y parte del interior entonces tenemos una reflexión *mixta*.

Un material que reflejará la totalidad de la luz incidente, tendría una transmisión y absorción iguales a cero por lo que; $R+T+A=1$ implica; $R=1$. Sin embargo, no es habitual encontrar un material 100% reflector.

Reflexión regular: Especular

La reflexión especular se produce cuando la superficie reflectora es lisa, de tal forma que la reflexión es homogénea en toda la superficie. Como hemos comentado, esta reflexión obedece a las leyes fundamentales de la reflexión y todos los rayos lumínicos se reflejan con el mismo ángulo, lo que produce una imagen especular sobre su superficie.

Un reflector perfectamente liso y limpio no es visible. Sobre su superficie plana se refleja la imagen que queda ante él de forma simétrica y con las mismas proporciones que la imagen visual, creando de esta forma una imagen virtual (Figura 51). Solamente cuando el contraste entre la imagen reflejada y lo que queda detrás del reflector especular es notable, es cuando podemos detectar su silueta y reconocerlo como espejo. Los espejos tradicionales llegan a reflejar el 96% de la luz que incide sobre ellos. Por otro lado, cuando nos llega el reflejo de la luz directa de un foco emisor aparece lo que llamamos el *brillo*.

LA REFLEXIÓN ESPECULAR EN SUPERFICIE LISA

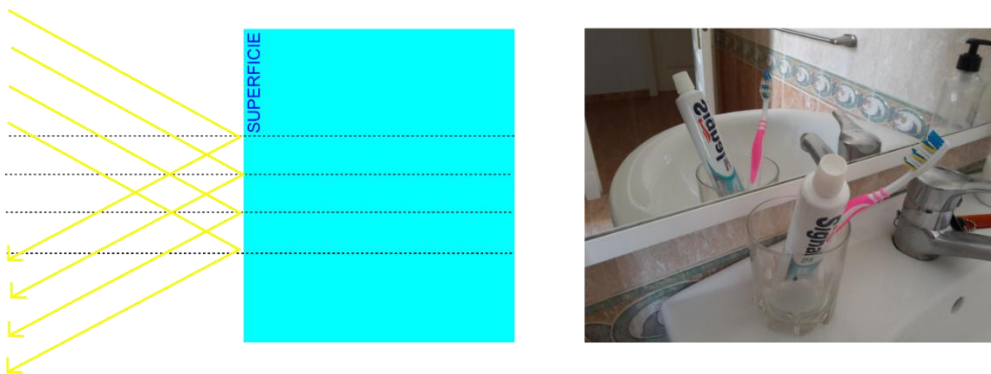


Figura 51

Siempre que la superficie del material se pueda pulir y eliminar las irregularidades comparables con la longitud de onda de la luz se conseguirá la reflexión especular. Como vimos la capacidad de un material de ser pulido dependen de sus propiedades tecnológicas. Por otro lado, algunos materiales, como los líquidos y vidrios, carecen de la estructura interna superficial para producir reflexión con un ángulo inferior al crítico, no obstante al superar la luz dicho ángulo aparece la reflexión total. Mientras que materiales como los metales pulidos pueden reflejar especularmente la luz con gran eficiencia. En el caso de otros materiales comunes, aun cuando están perfectamente pulidos, por lo general no dan más que un reflejo especular de unos pocos puntos porcentuales.

⁹¹ BERNES, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

Dispersión o Scattering: Reflexión difusa

La reflexión difusa se produce cuando la luz que incide sobre una superficie es reflejada en todas las direcciones. Esta reflexión puede darse como hemos visto por reflexión regular en superficie rugosa y mediante la dispersión o scattering.

El fenómeno del *scattering*⁹² (Figura 52) se da como vimos porque la luz entra dentro del material y vuelve a salir por la misma superficie de este. La estructura del material está formada por gránulos de mayor tamaño que la longitud de onda de la luz incidente. Una vez que la luz penetra en los granos es nuevamente reflejada en las superficies interiores, y luego de varias reflexiones y refracciones regresa nuevamente al ojo del observador desde muchas direcciones. La reflexión difusa se puede esquematizar como una pequeña explosión del rayo de luz en todas direcciones.

LA REFLEXIÓN DIFUSA POR DISPESIÓN O SCATTERING EN SUPERFICIE LISA

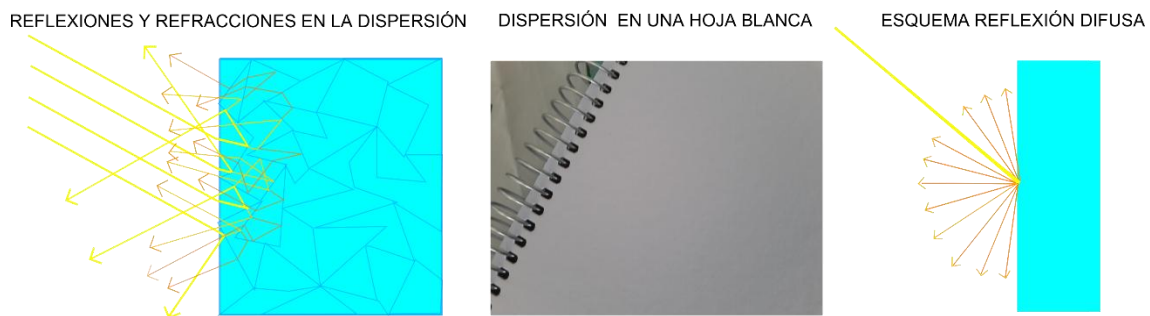


Figura 52

Podemos decir que la dispersión aparece cuando la luz cae sobre pequeñas partículas con un índice de refracción diferente del que tienen las partículas del material que le rodea. La cantidad de luz que es dispersada depende en gran medida de la diferencia entre el índice de refracción entre dos materiales. Cuando los dos tienen el mismo índice de refracción, no hay luz dispersada y el límite entre ellos se muestra invisible. La cantidad de luz dispersada también depende en gran medida del tamaño de las partículas (Figura 53⁹³). Partículas muy pequeñas dispersan muy poca luz. La dispersión crece con el aumento del tamaño de las partículas hasta que las partículas tienen el mismo tamaño que la longitud de onda de la luz, a partir de aquí según siguen creciendo las partículas entonces la dispersión va decreciendo.

En los objetos blancos el *scattering* refleja toda la luz, es decir todas las longitudes de ondas visibles y por eso se ven blancos. Este tipo de reflexión se produce en superficies como el papel mate, los tejidos, las paredes, la nieve, etc. La reflexión difusa tampoco llega a ser el total de la luz incidente, siempre hay una pequeña parte que se absorbe. En el caso de una hoja blanca la reflexión ronda el 90%.

⁹² MEZA, Jhonathan; MUÑOZ, Nicolás .2011. *Scattering*. (Venezuela. Caracas: Universidad Simón Bolívar. Ingeniería de Computación: Informe: 4 pag)

⁹³ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

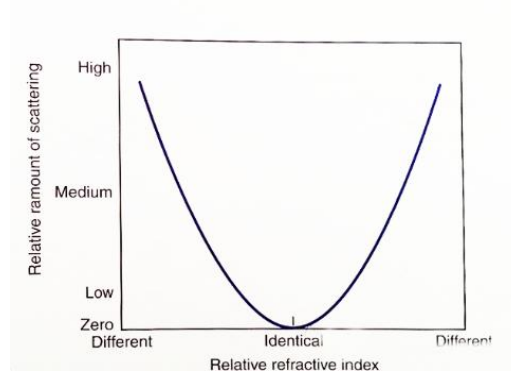


Figura 53

Por otro lado, la luz dispersada por las moléculas del aire crea el color azul del cielo y la dispersión de grandes partículas crea el blanco de las nubes del cielo y humos.

El color de los objetos

Cuando la luz es coloreada la difusión refleja el color de dicha luz debido a que no se produce absorción. Sin embargo, cuando la luz blanca traspasa la superficie del material y existe absorción entonces aparece el color.

ESPECTROS DE REFLECTANCIA PARA DIFERENTES REFLEXIONES DIFUSAS DE COLOR

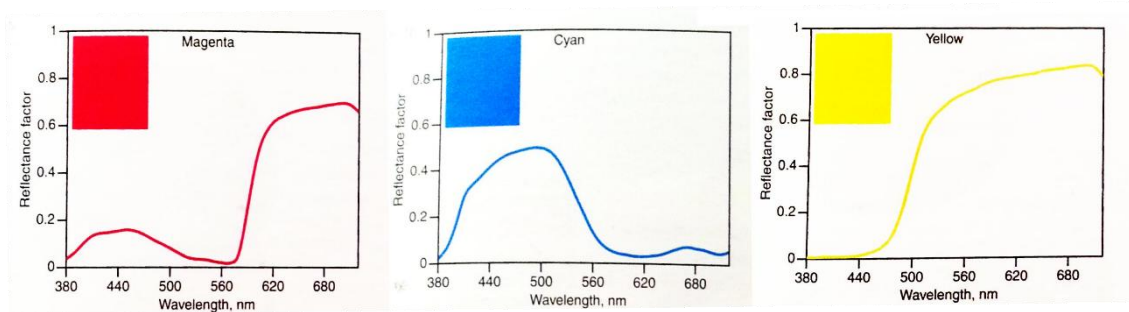


Figura 54

El color se debe a la porción de la luz que es reflejada por difusión. Si se absorbe toda la luz entonces el objeto se ve negro y se absorbe solo una parte de la franja visible se ve del color que muestra la combinación de las ondas reflejadas, tal y como se muestra en un espectro (5.1.1↔5.2.2.3↔5.3.3.3↔6.1.6↔6.2.2) de reflectancia⁹⁴ (Figura 54).

Las partículas que se encargan de absorber parte de las longitudes de onda de la luz incidente en la materia se denominan *pigmentos*. Por eso los pigmentos son los responsables de otorgar color a la materia, y no reflejando luz, si no absorbiéndola (Figura 55).

Con luz dispersada los pigmentos son más eficientes cuando su índice de refracción es bastante diferente de la materia que los une y sus diámetros de partículas son relativamente iguales a la longitud de la onda de luz. Cuando los pigmentos tienen partículas de muy poco tamaño y tienen un parecido índice de refracción que el material o resina que los une, dispersan poca luz y pueden parecer transparentes.

⁹⁴ BERNES, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

LA REFLEXIÓN POR DISPESIÓN EN COLOR EN SUPERFICIES LISAS

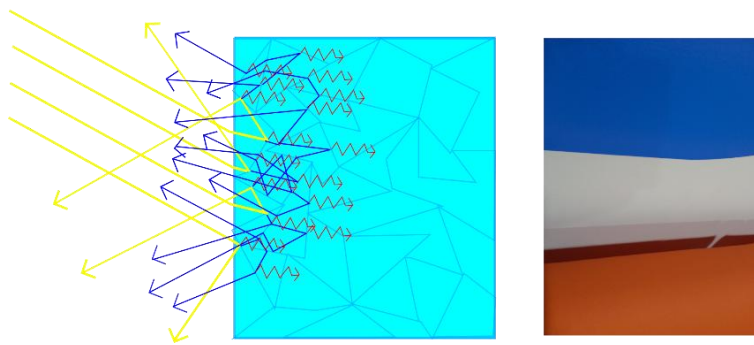


Figura 55

La dispersión, además, puede ser controlada por la selección de pigmentos con apropiadas diferencias entre los índices de refracción y/o controlando el tamaño de las partículas. Se puede conseguir unos recubrimientos transparentes con una pequeña partícula de pigmento de óxido de acero a pesar de la diferencia en el índice de refracción entre la resina y el pigmento.

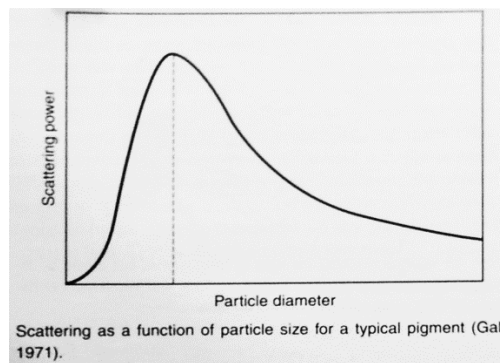


Figura 56

Controlando el tamaño de la partícula (Figura 56⁹⁵), se puede conseguir dispersión con pigmentos orgánicos a pesar de la relativamente cercana coincidencia de índice de refracción. Dependiendo del tamaño de la partícula del pigmento, pequeños cambios, debido a procesos de variabilidad, pueden tener un gran efecto en el poder de dispersión y en cambiar a color.

El conocimiento de las propiedades absorción y la dispersión de colorantes en función de la longitud de onda nos permiten predecir sus colores. Algunos tipos de pigmentos se extraen del carbono (negro), del cadmio (verde), del óxido de hierro (rojo), del de cromo (amarillo), del cobalto (azul), del zinc (blanco), etc.

Reflexión mixta

Es la reflexión que aparece al combinarse la reflexión especular con la reflexión difusa, en la que parte del haz incidente se refleja y parte se difunde (Figura 57). En general, los rangos de longitudes de onda se combinan entre sí, así como sus intensidades. En función de la intensidad de la luz reflejada especularmente y de la reflejada de forma difusa se verá el amarillo más tirando hacia el rojo o más tirando hacia el verde, más tenue o más luminoso.

⁹⁵ BERNES, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

LA REFLEXIÓN MIXTA EN SUPERFICIE LISA

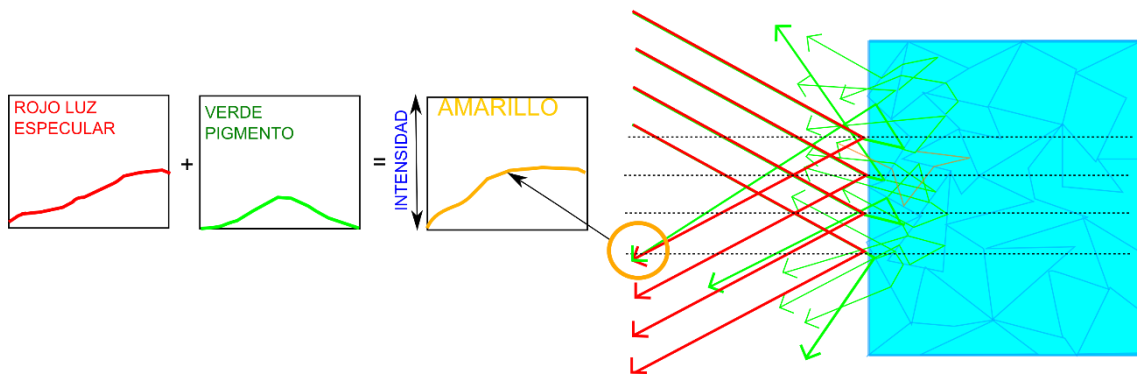


Figura 57

Cuando el reflejo es debido a un brillo, entonces la diferencia de luminosidades suele ser grande por lo que se impone este brillo sobre el resto de reflexiones. Esto suele suceder en objetos opacos con las superficies pulidas. Cuando el material incluye ciertos pigmentos estos absorben ciertas longitudes de onda pero no evitan la reflexión especular en su superficie pulida. En general suelen ser objetos blancos con mucho brillo como por ejemplo una superficie plana de porcelana.

REFLEXIÓN MIXTA EN UNA SUPERFICIE



Figura 58

Para representar la reflexión mixta de un punto de la superficie se suele utilizar un *indicatrix*⁹⁶ (Figura 58), que es un gráfico que representa la cantidad de luz dispersada o reflejada en una dirección, en comparación con la luz dispersada o reflejada en la misma dirección por un perfecto difusor por reflexión. El perfecto difusor por reflexión aparece en el indicatrix como un semicírculo perfecto.

Para saber en qué medida actúa cada reflexión, tenemos; $a + r + t = 1$, suponiendo que nada se absorbe ni se transmite; $a = \text{absortancia} = 0$, $t = \text{transmitancia} = 0$, entonces todo se refleja; entonces $0 + r + 0 = 1$; $r = 1$. Por lo tanto, para establecer la relación entre reflexión especular y reflexión difusa podemos decir que; $r = E + D = 1$, donde un objeto 100% difuso (mate) $\rightarrow 0\%$ brillo $\rightarrow 0 + D = 1$; $D = 1$ y un objeto 100% especular $\rightarrow 0\%$ mate $\rightarrow E + 0 = 1$; $E = 1$. Por lo

⁹⁶ BERNES, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

tanto, un objeto de reflexión mixta se encontrará entre estos valores, por ejemplo con los porcentajes; 60% especular y 40% mate $\rightarrow E + D = 1$; $0.6 + 0.4 = 1$.

A la hora de la medición de la reflexión mediante un espectrómetro debemos tener muy en cuenta que estamos midiendo. Si es la reflexión especular (brillo) o la difusa de un material.

Transmisión

Como vimos la transmisión aparece mediante la refracción y la reflexión de la onda luminosa al atravesar el material. Al entrar la luz en el material, realiza interferencias constructivas en la dirección de avance provocando la refracción de la onda y por otro lado, aparecen interferencias destructivas en todas las otras direcciones, en el caso de una estructura de material totalmente regular, la cancelación es completa. Las refracciones cumplen las leyes de la refracción en el que cada tipo de material aporta su índice de refracción característico.

Un material que transmita la totalidad de la luz incidente, tendría una reflexión y absorción nulas por lo que; $R+T+A=1$, es decir; $T=1$. Como ejemplo tenemos el vidrio, aunque como sabemos el vidrio no transmite el 100% de la luz que le llega, una pequeña parte es absorbida y en ciertos casos otra parte reflejada, por lo que es difícil encontrar un material que permita la transmisión total.

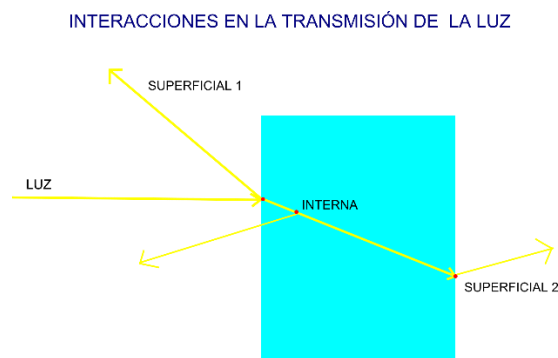


Figura 59

Dado que en la transmisión la luz consigue traspasar el material y sale por la superficie posterior de este entonces la interacción aparece en las dos superficies (Figura 59). Por lo tanto, la interacción puede ser doblemente superficial e interna a la vez⁹⁷.

Por otro lado, un material que no permite ninguna transmisión se denomina *opaco*; $T=0$. El material al impedir totalmente el paso al rayo luminoso crea una *sombra* en su parte posterior. La sombra es la ausencia de luz en una dirección dada debido al impedimento creado por un material opaco al evitar su paso a través de él.

Al igual que en las reflexiones, existen diferentes tipos de refracciones, que son; la refracción regular, la refracción dispersa y la refracción mixta.

La refracción regular: Transparencia

En la transmisión transparente, los diferentes rayos luminosos que inciden sobre el medio lo atraviesan mediante la refracción regular y lo traspasan manteniendo su regularidad, en este caso las superficies que separan los medios tienen las propiedades de ser planas, lisas y homogéneas.

⁹⁷ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

LA TRANSMISIÓN REGULAR EN SUPERFICIE LISA (TRANSPARENCIA)

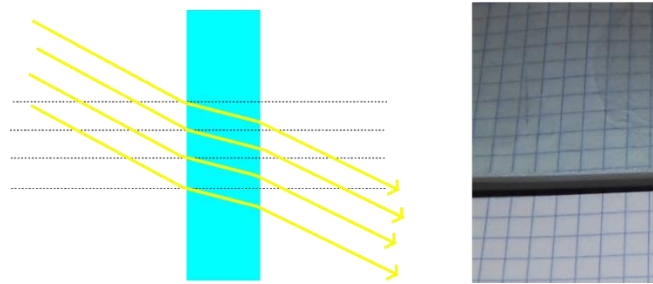


Figura 60

Los materiales que cumplen esta propiedad, se les denomina transparentes y permiten ver con nitidez los objetos colocados detrás de ellos. Un ejemplo de transmisión regular es el que aparece en los vidrios de las ventanas. La transparencia perfecta, es decir sin ninguna variación en el ángulo de incidencia es el de la refracción cero es decir, cuando el rayo luminoso es totalmente perpendicular a la superficie del material. Un material que se muestra totalmente transparente es invisible. Solo podemos inferir su existencia al reconocer su borde o marco, o por que muestre ciertas manchas o señales en su superficie.

Cuando la luz atraviesa un material translucido de caras paralelas los rayos se desplazan ligeramente, por la refracción que sufren al entrar en el vidrio y al salir de él; pero salen paralelos a la dirección original (Figura 60). Por ello las imágenes vistas a través de una ventana no se distorsionan lo que nos permite reconocer lo que pasa detrás.

Cuando no se produce absorción, la transmisión es del color de la luz incidente. Si al pasar la luz a través del material se produce absorción de alguna franja de la radiación visible, entonces la transparencia es de color (Figura 61). El color estará compuesto por el resto de la luz no absorbida por el material. Suponiendo nula la reflexión se debe cumplir; $T + A = 1$. Una característica curiosa de estos materiales es que producen sombras de color.

LA TRANSMISIÓN REGULAR CON ABSORCIÓN EN SUPERFICIE LISA (TRANSPARENCIA COLOREADA)

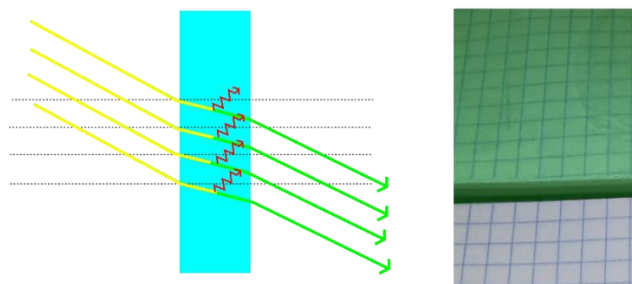


Figura 61

La refracción dispersa: Translucidez

Aparece cuando la luz consigue atravesar un material de forma dispersa, o sea mediante reflexiones y refracciones internas (Figura 62). Por lo tanto el haz incidente se difunde por el medio, saliendo del mismo en múltiples direcciones.

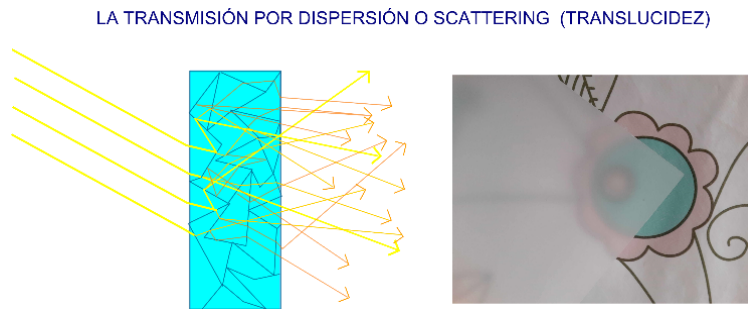


Figura 62

Estos medios son traslúcidos, ya que los objetos colocados detrás de ellos no son distinguidos con precisión. Un objeto translucido sin absorción se ve como una combinación de un objeto totalmente transparente más una capa blanca → Refracción difusa (100%) = Lamina transparente (A%) + Lamina blanca (100-A%); estando A comprendida entre 0 y 100%.

Por otro lado, dado que cuando tenemos un material transparente o translucido nos llega información de lo que queda detrás de este, es decir de su fondo. Mediante diversas comprobaciones hemos llegado a la conclusión de que cada componente del color especular se multiplica por su grado de especularidad (E%), y el color difuso (fondo) se multiplica por 100% - E% = D%. Luego se suma cada uno de los componentes R, G y luego B obteniendo así el valor del color resultante;

$$Cm (Rm, Gm, Bm) = Ce (Re, Ge, Be) \cdot \%E + Cd (Rd, Gd, Bd) \cdot 100-\%E$$

Donde E; varía en función de la especularidad del material (brillo) y el ángulo de incidencia. Cuando el color difuso no es blanco puro es por qué hay absorción entonces $R + A = I$, por lo tanto la reflexión pierde el % de intensidad de la luz absorbida.

Reflexión y refracción conjunta

Existen materiales en los cuales cuando la luz incide sobre ellos, una parte se refleja y otra se refracta. Cuando el material es incoloro, o sea no hay absorción entonces se cumple; $R+T=I$.

Un ejemplo de este caso es la de un vidrio transparente o translucido incoloro. Aunque, también puede ocurrir que parte de la luz incidente sea absorbida, cumpliéndose entonces: $R+T+A = I$. Este puede ser el caso de vidrios de color que conforman diferentes objetos decorativos.

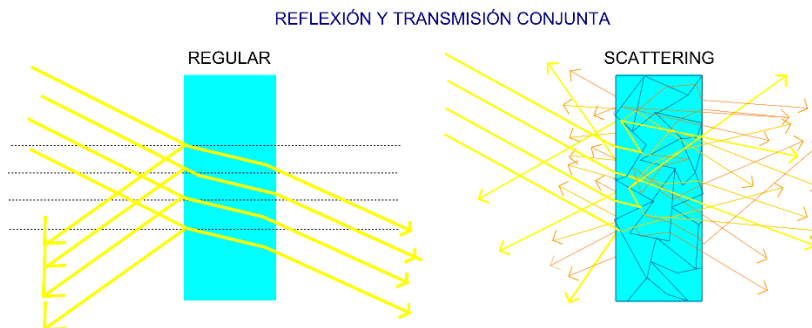


Figura 63

Un material translucido también puede tener reflexión y refracción conjunta pero en este caso la respuesta en las dos direcciones es difusa (Figura 63).

En general la luz reflejada se combina difusa más regular como vimos en los espectros de reflectancia, cuando existe transmisión entonces se vuelve añadir a esta luz la luz transmitida desde el otro lado del material, siempre que exista.

REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN CONJUNTA

REGULAR



SCATTERING



Figura 64

En definitiva, pueden existir combinaciones de cualquier tipo de reflexión con cualquier tipo de transmisiones (Figura 64), siendo las más complejas la reflexiones mixta con combinada con la transmisión mixta en la que se produce absorción preferencial.

Materiales compuestos: La textura base

En superficies lisas opacas cuando la estructura macroscópica de la materia es regular entonces la superficie se percibe como monocromática. En este caso la textura se puede considerar plana monocromática o con ausencia de forma. Este es el caso de la mayoría de los plásticos opacos que muestran sus superficies planas.

Sin embargo, la mayoría los materiales presentan una estructura macroscópica con ciertas irregularidades (Figura 65). Ejemplos de estos materiales son los metales, las maderas, los pétreos, etc.

Las razones para esta variación macroscópica se deben a variaciones en la estructura compositiva que conforma la materia, a la inclusión de pequeñas impurezas o elementos que crean perturbaciones o a que los materiales están formados por la composición de diferentes materias unidas y mezcladas entre sí.

ESTRUCTURAS DE DIFERENTES MATERIALES

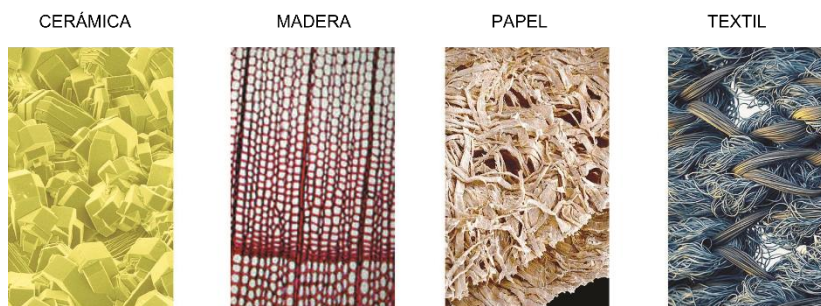


Figura 65

Estas variaciones sobre la superficie del mismo material pueden mostrar diferentes propiedades en la interacción con la luz que le otorgan su apariencia característica como textura base.

Como ejemplo vamos a mostrar las diferentes reflexiones y transmisiones que se pueden dar en un material compuesto y mostraremos algunos ejemplos representativos:

Reflexión Difusa-Difusa

Es cuando la matriz y la fase dispersa presentan reflexión difusa cada uno con ciertas absorciones. En este caso, al difundir luces diferentes se muestran las delimitaciones entre ellos creándose de esta forma su textura característica. Un ejemplo de este tipo puede ser un aglomerado pétreo. Cuando la superficie del material está pulida entonces muestra una reflexión mixta, que puede ser en la matriz, en la fase dispersa o en ambas (Figura 66).

Reflexión Regular-Difusa

Es cuando la matriz o la fase dispersa actúan especularmente. En este caso parte de la superficie muestra el entorno posterior por reflexión y parte muestra sus cualidades lumínicas del material por difusión o reflexión mixta. Como ejemplo podemos encontrar ciertos espejos tratados o deteriorados en el tiempo (Figura 66).

Transmisión- Reflexión

Generalmente, se da cuando la fase dispersa refleja la luz y la matriz la transmite. Tanto las reflexiones como las transmisiones pueden ser de diferentes tipos, mostrando parte del interior del material y reflejando parte de este. Sobre este tipo de compuestos no hay muchos ejemplos, aunque podemos encontrarnos con ciertos vidrios que incorporan pequeños materiales en su interior (Figura 66).

EJEMPLO DE INTERACCIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS

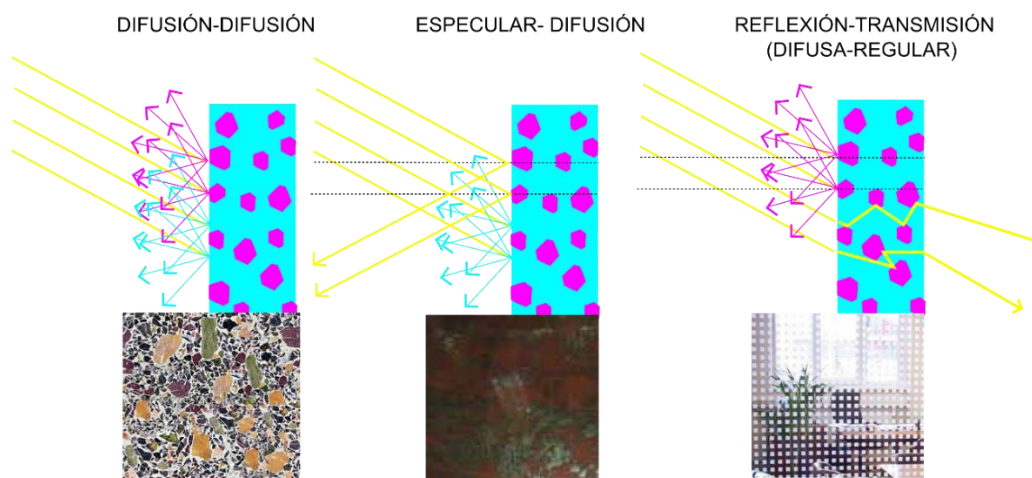


Figura 66

Superficies rugosas: La textura tridimensional

Existen muchos materiales que a pesar de presentar superficies planas en su forma global, el desarrollo de estas no es liso, sino rugoso. En general, la rugosidad y el relieve en una superficie le dan un carácter propio o textura. Por otro lado, estas rugosidades en los materiales cotidianos también suelen ser percibidas mediante el tacto.

La rugosidad se puede establecer mediante una comparación objetiva y/o mediante una comparación relativa. La objetiva es cuando se compara con una magnitud dimensional y relativa es cuando se compara con la superficie a la que pertenece. La objetiva nos interesa porque cuando las rugosidades son menores de un tamaño vuelven la superficie

especular. La relativa también nos interesa en los procesos de visión porque cuando se mira un objeto grande desde lejos, los elementos de gran tamaño de sus superficies se pueden convertir en la distancia en pequeñas rugosidades visuales.

RUGOSIDAD EN UNA SUPERFICIE EN FUNCIÓN DE LA PROXIMIDAD (ZOOM) QUE ES OBSERVADA

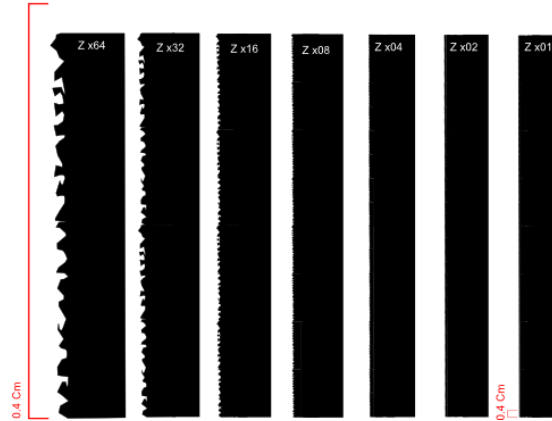


Figura 67

Cuando las rugosidades de las superficies son mayores que la longitud de onda de la luz y por otro lado, no llegan a ser percibidas por la visión entonces confieren una respuesta visual difusa (Figura 67). Cuando las rugosidades de la superficie son percibidas por la visión entonces se perciben como una textura superficial. En general, en función del grado de la rugosidad del material y la distancia de observación la superficie se mostrará más o menos difusa.

Cuando las rugosidades son grandes presentan relieves que producen sombras. Estas actúan sobre la apariencia del material creando delimitaciones y zonas oscuras que reducen la luminosidad de la superficie. La repetición homogénea de estas sombras a lo largo de la superficie es la responsable de otorgarle el carácter de textura visual. Por otro lado, según nos alejamos del material esta textura va perdiendo su contraste, apareciendo de esta forma la mezcla óptica, que no es más que una difusión en la distancia.

Según el tipo de rugosidad la textura mostrará una apariencia u otra (Figura 68) y además cuando la estructura del material sea diferente entonces cambiará todavía más. Cuando la rugosidad se muestra con aristas y vértices pronunciados, entonces las delimitaciones se ven muy contratadas. Sin embargo cuando las rugosidades son curvas entonces la textura se percibe como una serie de degradados repetidos a lo largo de la superficie.

DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS MATERIALES Y RUGOSIDADES

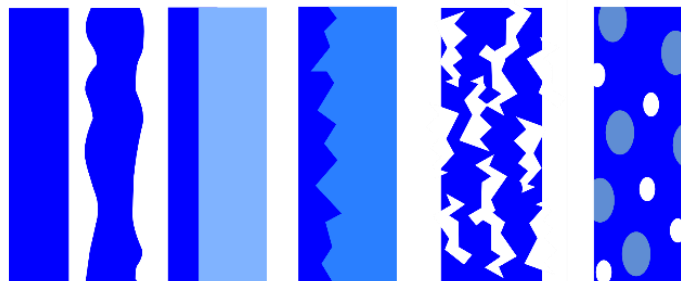


Figura 68

Reflexión regular en superficies rugosas: Difusa y texturada

Cuando la superficie a pesar de ser plana tiene ciertas rugosidades no detectables por la visión y solo se produce reflexión regular entonces el conjunto de la luz reflejada se vuelve difusa debido a que los rayos reflejados se dirigen en multitud de direcciones. Un ejemplo lo podemos encontrar al arrugar un trozo de papel aluminio (Figura 69) o al juntar multitud de teselas especulares sobre una superficie.

LA REFLEXIÓN REGULAR EN SUPERFICIE RUGOSA (DIFUSIÓN)

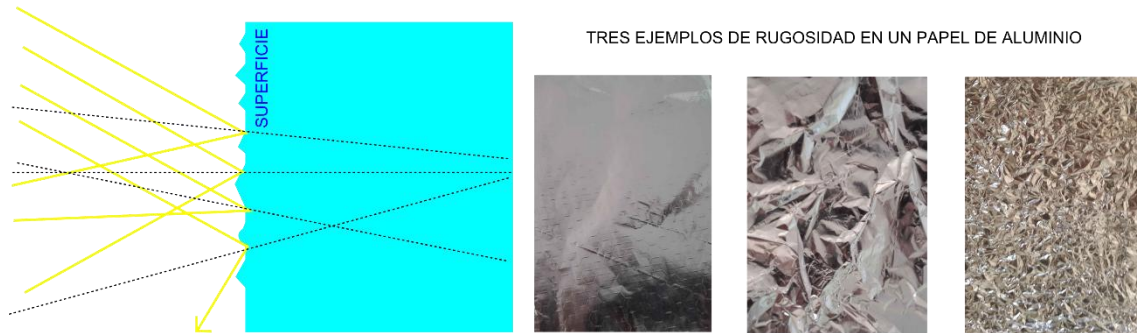


Figura 69

A diferencia de lo que ocurre en la reflexión especular, los rayos de luz no se reflejan homogéneamente por lo que no hay imagen de espejo de la fuente de luz, sin embargo la luz reflejada corresponde a la del entorno al que se enfrenta la superficie. Cada rayo de luz cumple las leyes de la reflexión y lo que varía es el la normal a la superficie. Por lo tanto, la luz reflejada depende del tipo de irregularidad de la superficie y el ángulo de incidencia de la luz.

En estos casos el material visto se ve texturado. La estructura de la textura se crea debido a las delimitaciones formadas por los cambios de color reflejado por las rugosidades, ya que cada rugosidad está orientada con una dirección distinta. En este caso existen tantas imágenes especulares como orientaciones diferentes lo que nos hace imposible reconocer cualquier imagen a cierta distancia. Por otro lado, en función de la orientación de la luz incidente se producen sombras, las cuales acentúan las delimitaciones y según nos acercamos o hacemos las rugosidades más espaciadas entonces la superficie va quedando más texturada, donde cada elemento se muestra como un pequeño espejo colocado en dirección diversa.

La reflexión mixta en superficies rugosas: La apariencia mate

Cuando existe reflexión difusa por scattering y además la superficie del material es rugoso entonces el grado de reflexión difusa aumenta en detrimento de la reflexión especular (Figura 70). En estos casos el material pierde brillo y se vuelve mate.

LA REFLEXIÓN DIFUSA EN SUPERFICIE RUGOSA (DIFUSIÓN MATE)

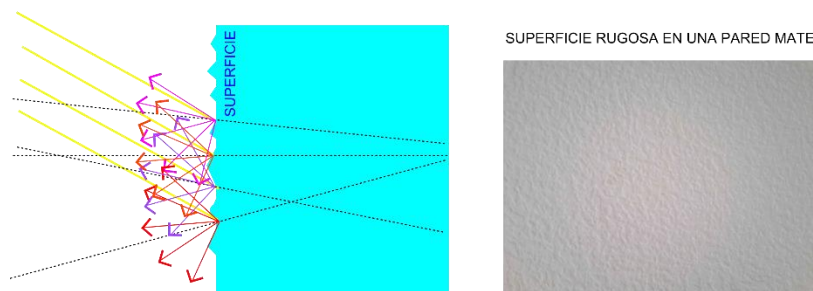


Figura 70

De la misma forma que en el caso anterior, cuanto más pequeña sea la rugosidad, más se perderá la reflexión especular.

Transmisión regular en superficies rugosas: Difusa y texturada

Cuando la transmisión es regular y al menos una de las superficies que separan los medios muestra cierta rugosidad entonces la transmisión se vuelve difusa mostrando el material como translucido (Figura 71). Esto se debe a que la rugosidad desvía cada rayo luminoso hacia un punto diferente del espacio, rompiendo de esta forma la regularidad. El nivel de translucidez dependerá de la rugosidad de la superficie.

La translucidez permite el paso de luz pero distorsiona la imagen, por lo tanto no es invisible. En función del grado de translucidez la distorsión de la imagen es mayor. Por otro lado, al igual que la transparencia, la translucidez puede presentar color al absorber cierta parte del espectro luminoso.

Al igual que en la transmisión regular, el material puede absorber parte de la luz creando la apariencia de color, como si tuviera delante un filtro de color. Un ejemplo de estos materiales es el vidrio corrugado.

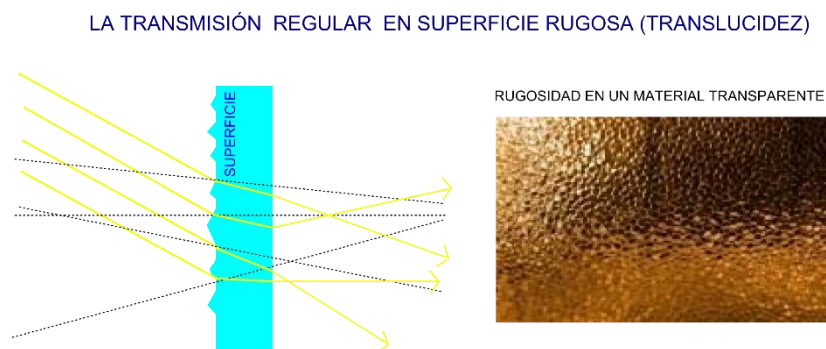


Figura 71

De igual forma que en la reflexión, según la rugosidad es mayor se pierde difusión y va apareciendo la textura visual por los contrastes entre sub-superficies iluminadas y sombras.

Transmisión por dispersión en superficies rugosas

Evidentemente cuando el material presenta transparencia difusa y además sus superficies no son lisas entonces su grado de difusión aumenta, ya que los rayos difuminados cuando llegan a la superficie se esparcen en todas direcciones.

Reflexión y transmisión conjunta en superficies rugosas

Cuando las superficies son rugosas y existe reflexión junto con transmisión entonces la luz se difunde en las dos direcciones que separan las superficies del material. Si solo una superficie es rugosa entonces la difusión es menor (Figura 72).

LA TRANSMISIÓN DIFUSA Y REFLEXIÓN-TRANSMISIÓN DIFUSA EN SUPERFICIES RUGOSAS

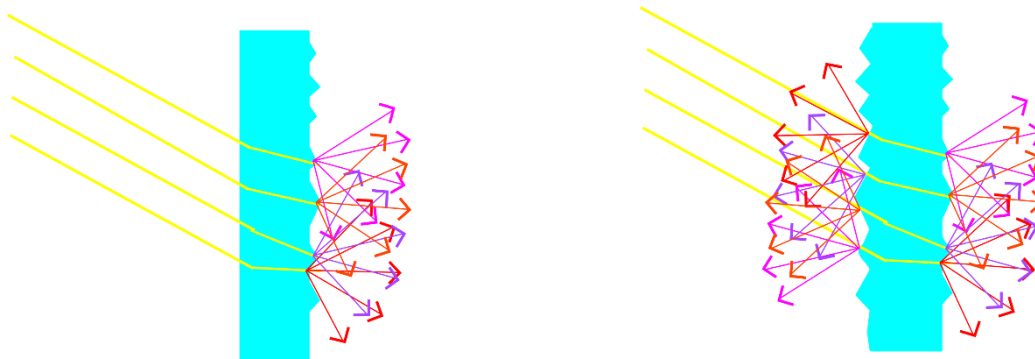


Figura 72

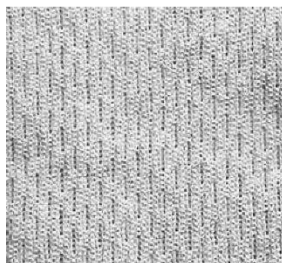
Tratamientos adicionales superficiales

Cuando la superficie de un material muestra sus superficies con una textura pulida no deseada o muestra una textura rugosa no deseada se pueden aplicar ciertos tratamientos superficiales.

En el caso de una textura lisa que muestre ciertos brillos o transparencias no deseadas puede tratarse mediante procesos tecnológicos superficiales. Es decir, se pueden obtener diferentes tipologías de rugosidad con diferentes tamaños evitando de esta forma estas respuestas a la luz. Un ejemplo puede ser la *multi-perforación* o el *micro-desbastado* superficial (Figura 73).

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

MULTI-PERFORACIONES



CAPA DE BARNIZ



Figura 73

En el caso contrario, también se puede tratar la superficie. Por ejemplo, una superficie rugosa que no permita un pulimiento que cree reflexión especular puede ser barnizada adoptando de esta forma una piel brillante, a la vez que deja ver sus cualidades materiales.

El grosor del material

En las reflexiones y refracciones internas en el *scattering*, cuando el material es poco grueso o existe mucha porosidad en sus partículas entonces la luz puede traspasarlo con más facilidad dando este caso una respuesta más intensa (Figura 74). En el caso contrario pasa al revés cuanto más grueso o menos poroso es el material, más le cuesta a la luz pasar y se vuelve más opaco.

Cuando hay transmisión y absorción, según la luz va atravesando el material va perdiendo intensidad lo que hace que se vaya volviendo cada vez más opaco.

PÉRDIDA EN LA TRANSMISIÓN DEBIDO ALAUMENTO DE GROSOR DEL MATERIAL



Figura 74

Las interacciones en la orientación y la intersección de superficies planas.

En los elementos volumétricos con superficies planas en función de su orientación respecto de la luz incidente presentan unas cualidades aparentes u otras.

En superficies especulares siempre que les llegue luz, muestran la imagen opuesta a la que se ofrecen, por lo que caras con imágenes opuestas diferentes se mostraran diferentes. En superficies difusas unas caras se perciben con más intensidad que otras con menos, es decir lo que varía es la luminosidad. Mientras que en superficies brillantes se mezclaran ambos efectos. En objetos opacos por otro lado aparecen sombras que cuando son proyectadas sobre ellos mismos también producen contrastes que diferencian unas caras de otras (Figura 75).

En el caso de materiales transparentes se mostrará la imagen de lo que hay detrás y cuando la superficie supere el ángulo límite respecto del rayo lumínico entonces se comportaran como un espejo. Como hemos visto en función del aumento del grosor entre superficies el material pierde transmisión y por lo tanto se vuelve más translucido. En materiales translucidos se muestra la luz que viene desde el interior del material pero no la imagen y en términos de grosor sucede lo mismo que con los materiales transparentes.

CUBOS TRIDIMENSIONALES CON DIFERENTES APARIENCIAS

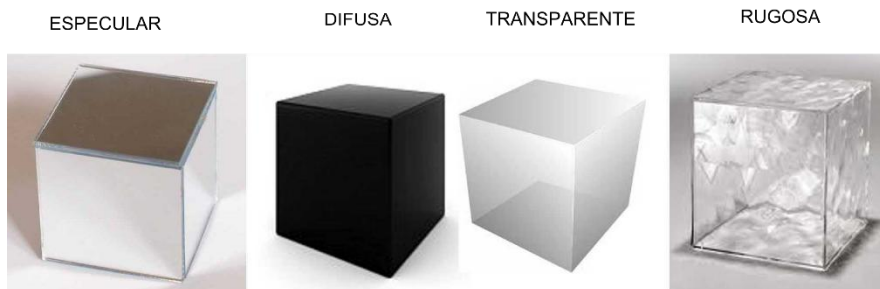


Figura 75

Por otro lado, como vimos al estudiar la intersección de las superficies planas que configuran la forma global del objeto aparecen aristas y vértices. En superficies difusas, las aristas aparecen mostrando delimitaciones que se forman debido a los diferentes contrastes entre las luminosidades de las caras. Cuando dichas delimitaciones confluyen en un punto entonces muestra un vértice. En superficies especulares las aristas aparecen cuando las imágenes reflejadas son diferentes creando entre ellas unas delimitaciones que las identifican y los vértices a aparecen de igual forma. Por último, en superficies transparentes y translucidas, las aristas y vértices se muestran debido a las diferentes tonalidades en las

transparencias y translúcidas, y cuando aparecen reflexiones especulares. También, aunque la superficie sea plana y tenga cierta rugosidad, esta rugosidad provoca delimitaciones formando aristas como se puede comprobar en la imagen.

La interacción en superficies curvas

La reflexión y la refracción cumplen las mismas propiedades geométricas ópticas que en superficies planas, pero en este caso van variando de la misma forma que cambia la dirección y el ángulo de las superficies.

Reflexión especular en superficies curvas

Cuando la superficie reflectora es *convexa*, como en cualquier esfera o *semi-esfera* las imágenes de los objetos se reducen respecto de su imagen real a la misma distancia, y esta progresión se hace más pequeñas conforme éstos se alejan del espejo⁹⁸. Por ello, un espejo de este tipo abarca más campo visual que el espejo plano. Por esta razón se utilizan para ampliar el marco visual en la vigilancia o en la señalización. En cambio, la imagen producida por un espejo *cóncavo* puede ofrecer dos reflexiones; las cuales aparte de distorsionar la imagen pueden ofrecer un reflejo mayor o menor que el del objeto. Esta diferencia se establece dependiendo de si la superficie cóncava se encuentra cerca del espejo o lejos de él y la transición aparecen con la deformación de la imagen. Por otro lado, la imagen invertida sí está enfrente a diferencia de las imágenes virtuales especulares de superficies planas (Figura 76).

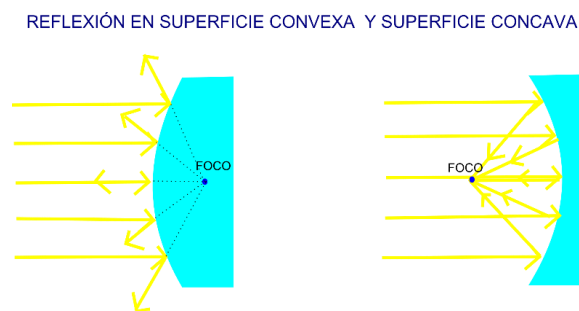


Figura 76

Cuando una superficie especular tiene una forma irregular, en partes cóncava y en partes convexa, puede producir imágenes deformadas, como sucede en las superficies de carcasas cromadas de ciertos aparatos tecnológicos.

Reflexión mixta en superficies curvas

En la reflexión mixta de una superficie curva como puede ser la de una bola de billar se produce por un lado la reflexión especular que acabamos de tratar y por otro lado se produce una reflexión difusa variable que se muestra en forma de degradado y que se desarrolla en función de la posición de fuente emisora. En este caso, la parte de la superficie curva que se ofrece a la luz se ve con más luminosidad y la parte que queda detrás se ve más oscura sobre todo cuando se ve afectado de la acción de sus propias sombras (Figura 77).

⁹⁸ MONTALVO ARENAS, César Eduardo. 2010. *Óptica*. (Mexico: Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. Apuntes)

REFLEXIÓN EN SUPERFICIE CONVEXA Y SUPERFICIE CONCAVA



Figura 77

La transmisión en superficies curvas

Cuando la luz atraviesa una superficie transparente cuyas caras no son paralelas, cada uno de los rayos es desviado de manera diferente, dependiendo de la curvatura de las caras de la lente y de su distancia al objeto⁹⁹. Por ello las imágenes vistas a través de las lentes no reproducen fielmente a los objetos en tamaño y en forma.

Por lo tanto, con el uso de lentes podemos producir imágenes derechas o invertidas, reales o virtuales, distorsionadas o no, más grandes o más pequeñas que la imagen de referencia del objeto (Figura 78).

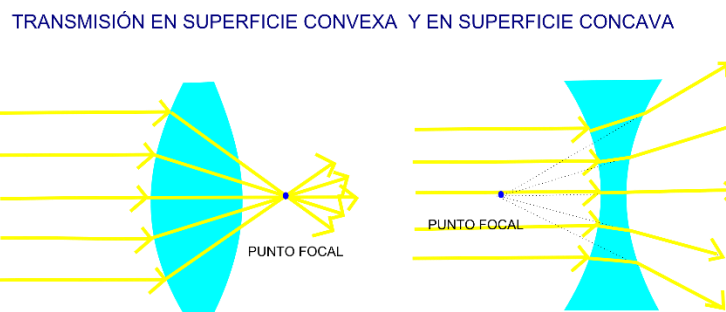


Figura 78

5.2.2.4. La interacción en función de las cualidades de la luz

Hasta ahora hemos visto la interacción desde la diversidad de la materia. En este punto, vamos a tratar la interacción desde la diversidad de la luz. Como vimos existen diversos factores que afectan a la definición de un tipo de luz concreto, por lo que estudiaremos estas diferencias atendiendo a estos factores.

La interacción en función de la intensidad y la distancia de la luz

Según se modifica la intensidad de la luz incidente, las respuestas de las interacciones se magnifican o se reducen en torno a la luminosidad. Por ejemplo, en la reflexión difusa según vamos descendiendo la intensidad de la luz, el color reflejado va perdiendo de la misma forma luminosidad. Esta variación se muestra perfectamente a través de los espectros de reflectancia¹⁰⁰(Figura 79).

⁹⁹ MONTALVO ARENAS, César Eduardo. 2010. *Óptica*. (Mexico: Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. Apuntes)

¹⁰⁰ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

VARIACIÓN DE LA LUMINOSIDAD EN FUNCIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD

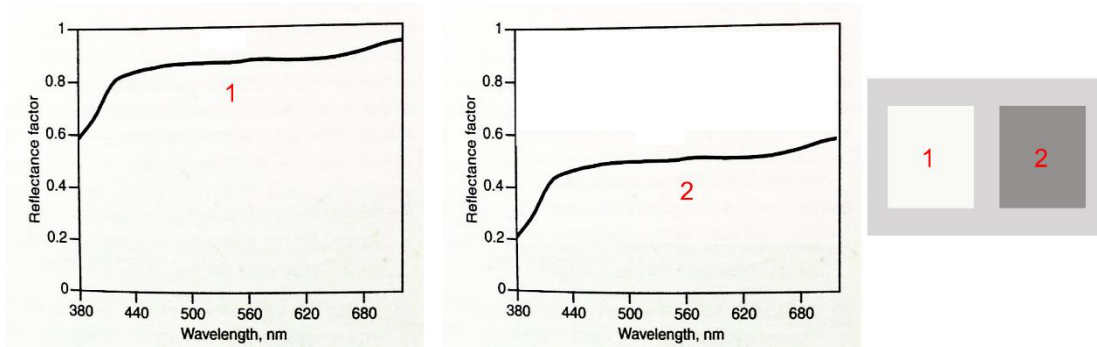


Figura 79

En cuanto a la distancia sabemos que está directamente relacionada con la intensidad de la forma; $I = I / d^2$. Según esta fórmula, la intensidad de la luz se reduce de forma proporcional inversa respecto el cuadrado de la distancia que la separa de la superficie iluminada, por lo tanto según separemos la luz del material disminuirá su efecto atendiendo a dicha relación.

La interacción en función de la dirección de la luz

La dirección de la luz respecto de la superficie, se expresa geoméricamente mediante el ángulo que forma el rayo incidente respecto la superficie receptora. Por lo tanto, las respuestas atienden a la reflexión y refracción del modelo físico de la óptica geométrica. Dado que la direccionalidad de una luz es espacial y no plana se necesitan dos ángulos para definir la dirección de la luz respecto una superficie plana. Cuando la superficie es curva, los ángulos se determinan por el plano tangente a dicha superficie en el punto de incidencia (Figura 80).

DEFINICIÓN DE LA DIRECCIÓN DE UNA LUZ RESPECTO DE UNA SUPERFICIE

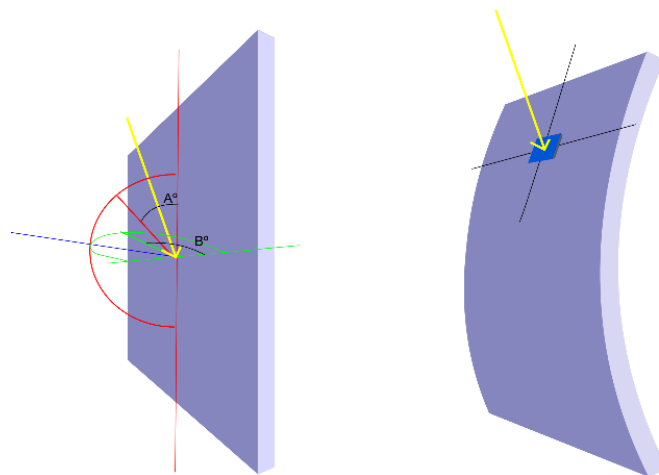


Figura 80

En colorimetría en función del ángulo de incidencia se establecen los aspectos *Goniofotométricos* y *Goniocromaticos*. Su nombre viene del goniómetro que es un instrumento para medir y establecer ángulos. El concepto *Goniofotométrico* atiende a la propiedad perteneciente al cambio de luz en función de los ángulos de iluminación u observación, mientras que *Goniocromatico* atiende a la propiedad perteneciente al cambio de atributos del color en función del ángulo de iluminación u observación.

La interacción en función del tipo de luz

Como vimos existen diferentes tipos de luz y cada tipo tiene unas cualidades distintas que afectan a la interacción con la materia. Hasta ahora hemos estudiado la interacción luz-materia entendiendo la luz como direccional, es decir como un cañón luminoso con una dirección concreta. Sin embargo la mayoría de luces atienden a la tipología de foco o de luz *omni-direccional*.

Tanto el foco como la luz *omni-direccional* (5.1.1.10↔5.2.2.4↔5.4.4.4↔7.2.3.7) emiten luz que va abriendo gradualmente su direccionalidad (Figura 81). La diferencia entre ambos es que la apertura de la omnidireccional es la de una esfera, es decir todo el espacio, mientras que la del foco tiene reducido su campo de acción según los límites del foco quedando en una porción de una semiesfera.

DIRECCIONALIDAD SEGÚN EL TIPO DE LUZ

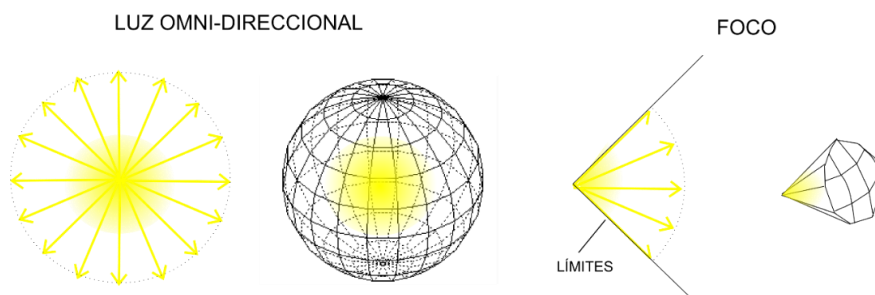


Figura 81

Por lo tanto, una luz omnidireccional en cualquier posición enfrentada a una superficie plana la iluminará en toda su dimensión. En el caso de una superficie curva, también lo hará siempre y cuando toda el área de la superficie tenga una relación directa a la luz. Si parte de la superficie curva tapa la direccionalidad de la luz entonces la zona tapada de la superficie quedará en sombra.

CAMBIO EN LA DIRECCIÓN DE UNA LUZ OMNI-DIRECCIONAL RESPECTO DE DOS SUPERFICIES

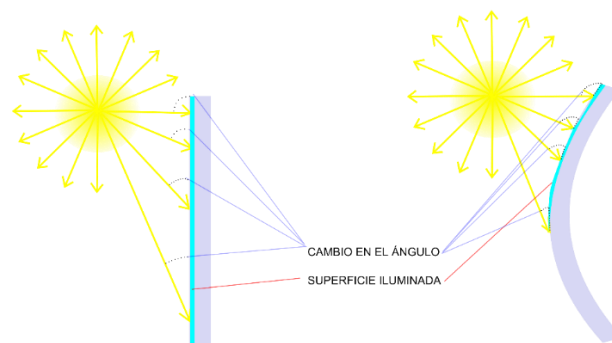


Figura 82

En el caso de focos, la superficie será iluminada dependiendo del radio de acción del foco. Si abarca toda la superficie se verá todo y si no, se verá solo la parte que quede iluminada (Figura 82).

Por otro lado, estas luces a su vez pueden estar sujetas a la acción de un filtro que las convierte en luces indirectas, es decir, traspasan un filtro que difumina la luz en todas direcciones a través de su superficie, creando de esta forma una luz

difusa omnidireccional (Figura 83). Un ejemplo es cuando las nubes cubren el cielo creando este efecto. En función de la densidad de estas la translucidez será mayor o menor.

LA ACCIÓN DE UN FILTRO DIFUSO SOBRE LAS SUPERFICIES DE UN OBJETO

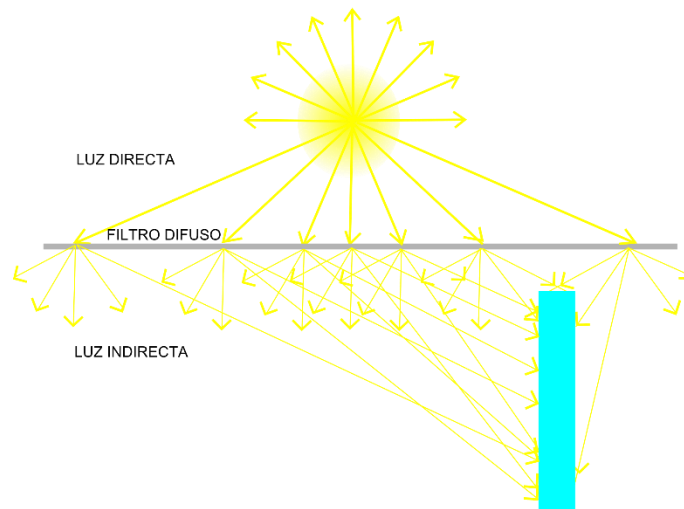


Figura 83

La interacción en función de la frecuencia de la luz

La luz no siempre es blanca, nos podemos encontrar en multitud de escenarios donde el foco o focos emisores son de luces coloreadas. Una luz coloreada es una luz que no contiene una parte o varias partes del conjunto de longitudes de onda visibles.

Cuando dos luces coloreadas interaccionan entre sí, se produce entre ellas una mezcla aditiva. Por lo tanto, si dos focos emisores son coloreados y actúan sobre el mismo punto de una superficie la luz actuante será una mezcla aditiva de ambas, aunque la dirección de cada una seguirá siendo la misma. Por otro lado, si se reflejan dos luces coloreadas y llegan al mismo punto. Este tendrá las cualidades del color que le otorgue la combinación aditiva de ambas.

El brillo y la especularidad con una luz coloreada se muestran de la misma forma que un espejo con un filtro de color superpuesto. El brillo no será blanco, si no del color de la luz, y la imagen reflejada perderá las tonalidades que no aporte la luz.

En la difusión pueden ocurrir varias cosas. En el caso de un objeto blanco, este adoptará el color de la luz que lo ilumine. Sin embargo, en los objetos coloreados donde se produce absorción mediante los pigmentos la respuesta puede ser diferente. Si la luz no incluye las longitudes de onda que estos absorben, entonces no actúa y el material se limita a reflejar la luz que le llega como si fuera blanco, es decir un objeto rojo con luz roja se ve rojo. Por otro lado, si la luz incluye las longitudes que los pigmentos absorben entonces solo se refleja el rango de la luz incidente menos la parte absorbida pudiendo aparecer colores diversos a los ofrecidos con luz blanca. En el caso de un objeto rojo iluminado con luz de color azul se ve negro, esto se debe a que los pigmentos absorben el rango de colores que no es rojo, por lo tanto absorbe los azules y por otro lado, la luz no puede ser reflejada al no contener rojo por lo que al no reflejarse ninguna luz se ve negro. Esta interacción se mostrará visualmente más adelante en el estudio de la variabilidad de la apariencia de los objetos.

En la reflexión mixta los efectos también se mezclan. Por ejemplo, una superficie que refleje especularmente una luz roja en un punto concreto, y que por otro lado, refleje por dispersión y absorción la luz verde de su pigmento de una luz blanca con la misma intensidad, entonces en ese punto se verá un color amarillento debido a la adición de ambas luces (Figura 84).

MEZCLA ADITIVA DE LA LUZ Y MEZCLA EN UN PUNTO DEBIDO A UNA REFLEXIÓN MIXTA

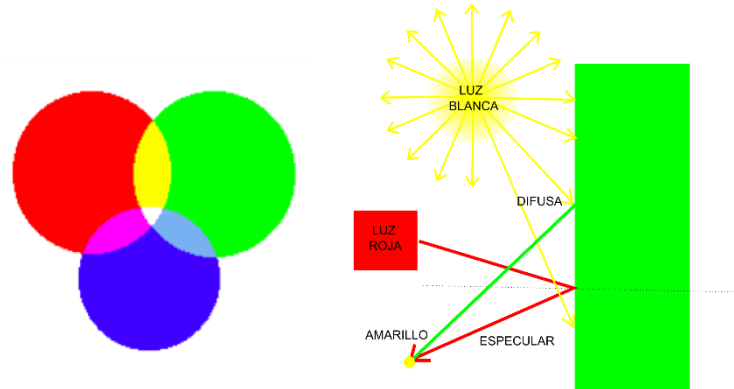


Figura 84

Por último, en el caso de la transmisión coloreada pasa exactamente lo mismo que en la reflexión difusa.

La interacción en función de la combinación de luces

Lo normal es que los objetos se vean iluminados por varias luces a la vez. Para conseguir el efecto de una sola luz iluminando un objeto debemos introducirnos en un cuarto oscuro con paredes negras que no reflejen nada e iluminar el objeto con una luz direccional o un foco con un radio reducido. Esto es habitual en ciertas escenas de teatro o ciertas imágenes en el cine, pero no es normal en nuestros escenarios cotidianos.

De día y al exterior solemos tener solamente como foco emisor la luz del sol, pero en días oscuros, por las noches y en interiores utilizamos luces artificiales para iluminar nuestros escenarios cotidianos. En estos casos, suele aparecer la interacción de varios focos emisores de luz a la vez sobre la escena. En general, cada foco de luz suele ser de una tipología concreta por lo que las posibilidades de combinación e interacción de luces son infinitas.

No obstante, con la única acción emisora del sol la cantidad de luces que aparecen en una escena es intangible. Si ponemos el ejemplo de un solo foco de luz que ilumina un objeto rojo difuso en una habitación cerrada con paredes blancas, podemos observar como la reflexión lumínica de este, hace que la luz reflejada roja incida sobre la pared, el techo y el suelo tornándolas rojizas y estas a su vez vuelvan a reflejar su luz roja también sobre el objeto, pero esta vez llegándole de direcciones diversas. Esto es lo que denominamos radiosidad (Figura 85).

DIFUSIÓN DE LA LUZ POR RADIOSIDAD

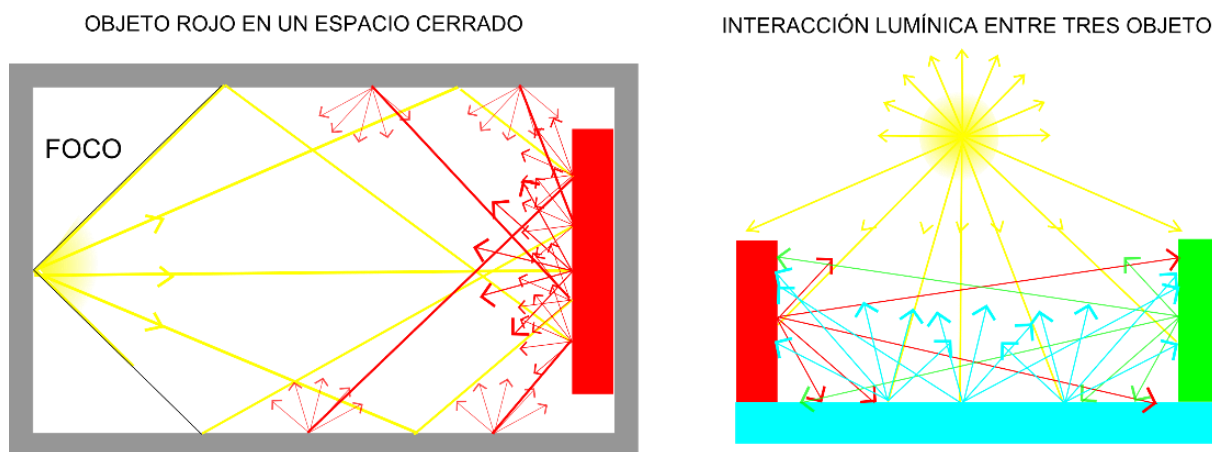


Figura 85

En general la radiosidad afecta a todos los objetos que reflejan luz, por lo que una escena se puede entender como formada por algún emisor directo e infinidad de emisores indirectos que actúan con su luz, unos sobre otros haciendo que la luz llegue y se difunda por todas partes. De esta forma, el espacio se llena de luz.

La radiosidad explica porque podemos distinguir lo que queda en la sombra y que se vean cosas en lugares opuestos a los focos emisores. También, explica porque que ciertas superficies parecen relativamente coloreadas cuando están junto a otras superficies con gran reflexión.

Por otro lado, en superficies planas donde teóricamente deben verse como monocromáticas algunas veces se perciben como degradadas en color según el foco emisor se va distanciando de ellas. También, la radiosidad provoca que aparezcan ciertos contrastes degradados por el efecto de otras superficies cercanas, que no deben confundirse con las sombras, ya que no tienen nada que ver con ellas.

5.2.2.5. Otros fenómenos de la interacción luz-materia

La luz al interactuar con la materia, dependiendo su longitud de onda y del tipo de materia con la que se encuentra puede ser mayormente transmitida, reflejada, refractada, dispersada y adsorbida, tal y como hemos visto. Sin embargo, en menor medida la luz puede interactuar con la materia de otras formas que pasamos a explicar brevemente.

Difracción

La difracción ocurre cuando la luz golpea un objeto que es similar en tamaño a su longitud de onda¹⁰¹. Cuando la luz pasa por una raja suficientemente delgada esta se difracta y se extiende. Si esta es luz visible entonces también creará un arco iris (Figura 86).

Polarización

La luz puede ser considerada como un movimiento ondulatorio cuyas vibraciones tienen lugar en todas las direcciones que forman ángulo recto con la dirección de propagación¹⁰². Cuando el movimiento ondulatorio se reduce a vibraciones

¹⁰¹ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

¹⁰² *Ibid.*

en un solo plano, se dice que la luz está polarizada en un plano. Hay tres formas principales de polarizar la luz, que son por doble refracción, por absorción y por reflexión (Figura 86).

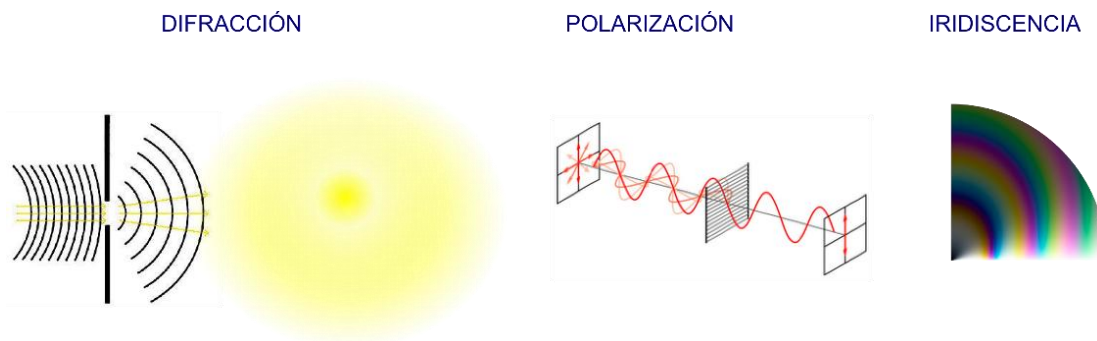


Figura 86

Luminiscencia

La luminiscencia es la conversión de radiaciones y otras formas de energía en luz visible. La luminiscencia la estudiamos anteriormente por lo que no entraremos en más detalle.

Iridiscencia

La iridiscencia es la cualidad óptica de ciertas superficies en las cuales el color reflejado varía de acuerdo al ángulo creado entre la luz y la superficie¹⁰³ (Figura 86). La iridiscencia es causada por múltiples reflexiones de la luz en múltiples superficies semitransparentes, donde los subsecuentes cambios de fase e interferencia de las reflexiones modulan la luz por la amplificación o atenuación de las diferentes longitudes de onda.

La iridiscencia la encontramos en las burbujas de jabón, en las alas de una mariposa o la superficie de CD por ejemplo.

Efecto Doppler en la luz

El efecto Doppler¹⁰⁴ también aparece en la luz. En este caso, un acercamiento entre la fuente luminosa y el observador implica un aumento de la frecuencia observada y se dice que se produce un desplazamiento de la luz hacia el azul. Si la fuente de luz y el observador se alejan, la frecuencia observada disminuye y se dice que se produce un corrimiento de la luz hacia el rojo.

5.2.3. INTERACCIÓN LUZ-MATERIA-OBSERVADOR

Hasta ahora hemos estudiado lo que pasa cuando la luz interacciona con la materia. En este momento vamos a pasar a introducir la última variante, es decir la del observador en el momento que le llega la respuesta lumínica de dicha interacción. Para ello, en nuestros esquemas gráficos introduciremos el símbolo de un ojo que representará la posición y perspectiva del observador.

Al introducir esta nueva variante, las respuestas se multiplican ya que entra en juego; el tipo de interacción luz-materia sufrida, el punto o zona observada en la superficie material y, la posición y la perspectiva del observador. Dada la

¹⁰³ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

¹⁰⁴ ÁLVAREZ, G.L.; SIQUEIROS, J.M. 2005. *¿Qué es la luz? : Historia de las teorías sobre la naturaleza de la Luz*. (Revista Universitaria- UABC No. 50, abril-junio 2005)

infinidad de posibilidades, nos vamos a centrar en los aspectos que más influyen en estas interacciones, en sus características y en algunos casos concretos significativos.

En este tema, por lo tanto, veremos como un mismo punto de una superficie puede ofrecer diferentes apariencias en función del lugar y las condiciones por las que es observado. Veremos las diferentes apariencias que puede ofrecer una misma superficie y estudiaremos las variaciones que pueden existir en función del posicionamiento de estos elementos, de la distancia entre ellos y de la perspectiva del observador.

5.2.3.2. Observación de un punto en una superficie

Aunque en el tema anterior vimos lo que ocurre al interaccionar la luz con la materia, vamos a concretar ahora lo que sucede en un punto superficial concreto de la materia cuando es iluminado por varias luces como es lo normal en función de los diferentes tipos de respuestas que puede ofrecer.

En primer lugar, al analizar la luz que llega a un punto de una superficie, observamos que esta proviene de todas o casi todas las direcciones espaciales, debido a la radiosidad, tal y como vimos. Si la luz fuera totalmente homogénea entonces se podría representar como una semiesfera perfecta donde el punto de incidencia de la luz en la superficie sería el centro de la esfera (Figura 87). Sin embargo, en la realidad esta circunstancia no suele aparecer. Lo normal es que desde cada dirección llegue una luz con unas características y una intensidad diferente.

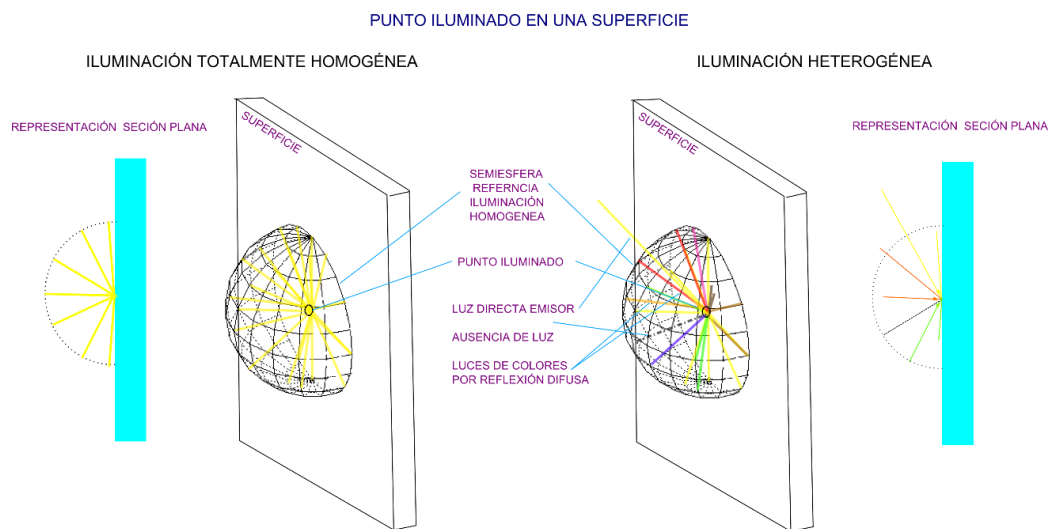


Figura 87

La variación puede ir desde no existir luz en una dirección concreta, por ejemplo como el debido a algún punto oscuro o zona negra en el espacio que le rodea, a existir una luz de gran intensidad proveniente de una dirección concreta debido a la acción de un foco emisor, entonces en ese punto se produce una diferencia notable de intensidad respecto de las otras direcciones. De esta forma, el resultado será una semiesfera irregular que en función de las características lumínicas del espacio que le rodea se acercará más o menos a la ideal.

Gracias a esta variabilidad se configura nuestra imagen visual. Si consideramos uno de nuestros ojos como un punto superficial, la imagen que se proyecta a través de él se debe a estas diferencias de intensidad lumínica y de variación en sus rangos de longitudes de onda, provenientes del espacio que nos rodea. En el caso de que la luminosidad espacial nos ofreciera una semiesfera perfecta de luz blanca y homogénea, no veríamos absolutamente nada.

Por otro lado, de la misma forma que llega luz desde multitud de direcciones espaciales a un punto, desde este la luz también se refleja en otras tantas direcciones. De hecho, esta es la razón de que podamos ver los objetos desde diferentes puntos de vista.

En la reflexión y transmisión difusa, la luz se difunde de forma más o menos esférica por todas direcciones (Figura 88). Esto es lo que provoca que un punto en una pared blanca se vea blanco desde todas las perspectivas o que un punto en un cristal traslucido verde se vea verde desde cualquier posición. Sin embargo, en la reflexión especular la luz se refleja atendiendo a las leyes de la reflexión óptica. Esto hace que un mismo punto, adquiera apariencias muy diversas dependiendo de la perspectiva adoptada. En la transparencia ocurre lo mismo, según nos desplazamos al observar un mismo punto de la superficie, este nos trasmite luces diversas.

REFLEXIÓN DIFUSA Y REFLEXIÓN ESPECULAR DESDE UN PUNTO

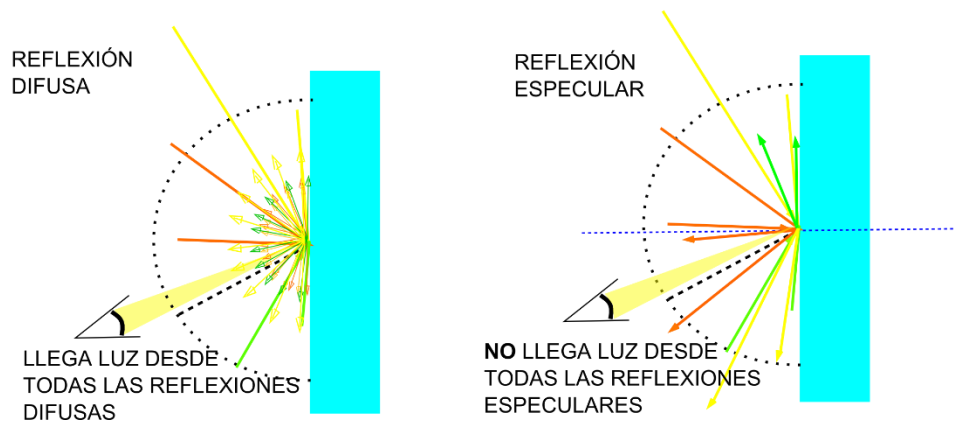


Figura 88

Esto nos ofrece dos características de apariencia totalmente diferentes; la *estabilidad* y la *variabilidad*. La difusión trasmite el primer estado visual, ya que percibimos la superficie como constante, al observar una pared desde diferentes puntos nos parece igual de blanca, y por otro lado, la especularidad y transparencia transmiten variabilidad, ya que según cambiamos nuestro punto de vista estas nos ofrecen una imagen diferente, que tiene que ver con el entorno que le rodea, pero que varía constantemente según nos movemos. Por ejemplo, el brillo en un espejo siempre se desplaza por su superficie cuando nos movemos.

5.2.3.3. Observación de varios puntos en una superficie: la apariencia superficial

Obtenemos una imagen de la apariencia superficial de una superficie según recorremos y observamos los diferentes puntos que la forman y la constituyen.

En las respuestas regulares, es decir tanto en la especularidad como en la transparencia, lo que se ve en a través de estas superficies es la reflexión difusa de los objetos que se reflejan especularmente o que se transparentan. Por lo que pasamos a ver la apariencia de estas superficies.

Existen materiales que debido a su estructura macroscópica son muy homogéneos en su desarrollo superficial y al reflejar o transmitir la luz de forma difusa, lo hacen de igual manera a lo largo de toda su superficie. Estos suelen ser materiales monocromáticos de superficies planas como por ejemplo, una hoja de cartulina blanca.

Cuando la superficie difusa es rugosa, la luz que le llega no incide de la misma forma a lo largo y ancho de su superficie material, lo que conlleva que partes de los relieves reciban más luz que otras debido a su orientación y a la creación de pequeñas sombras en dichos relieves (Figura 89). Por lo tanto, la reflexión difusa desde esos puntos es variable en intensidad, lo que conlleva contrastes de luminosidad que nos muestran su textura. De la misma forma, en la transmisión difusa con superficies rugosas ocurre igual.

APARIENCIA DE UNA SUPERFICIE RUGOSA Y UNA COMPUESTA

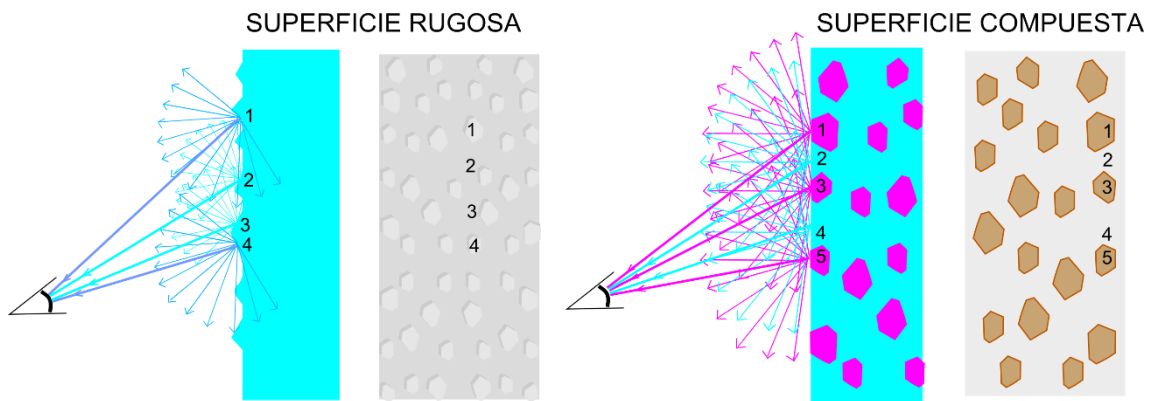


Figura 89

Cuando el material es compuesto entonces cada elemento de la fase dispersa refleja la luz de forma diferente a la matriz que lo contiene (Figura 89), por lo que de esta forma se nos permite ver las pequeñas formas que se repiten creando su textura superficial externa.

Por otro lado, cuando las superficies están pulidas y ofrecen cierto brillo, reflejan la luz de forma mixta como vimos. En este caso, desde unos puntos de su superficie nos llega el brillo especular y desde otras nos llega la reflexión difusa, como se puede observar en este ejemplo con *incatrix*¹⁰⁵ para tres puntos diferentes de una superficie (Figura 90).

ESEPCULARIDAD Y DIFUSIÓN EN UNA SUPERFICIE

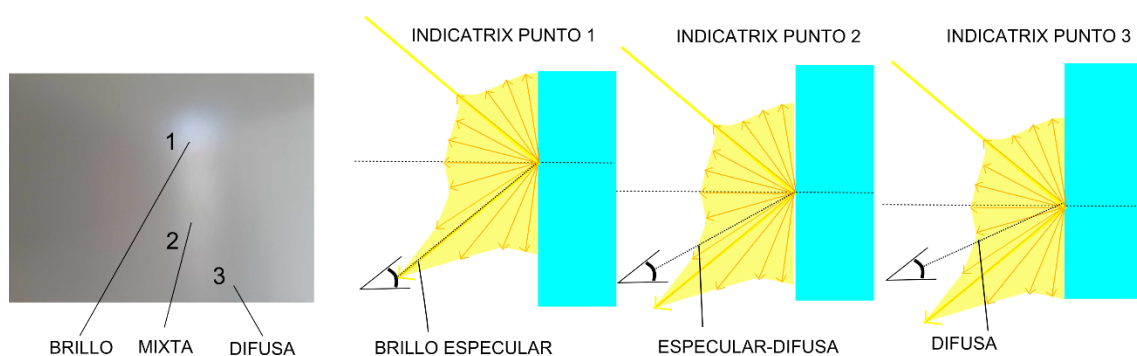


Figura 90

Las superficies que dan una respuesta compuesta, es decir que transmiten y reflejan luz a la vez, suelen dar una apariencia muy variada, ya que a través de los diferentes puntos de su superficie nos muestran especularmente lo que

¹⁰⁵ BERNES, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

queda ante ellas de forma distorsionada a través de los rayos de luz superan el ángulo límite, también nos muestran lo que queda detrás por transmisión regular, también de forma distorsionada al ser las superficies curvas. Si además ciertos pigmentos del material ofrecen absorción entonces se provocan reflexiones y transmisiones coloreadas que crean contraste con su fondo, definiendo de esta manera la forma global del objeto. Por otro lado, la creación de sombras en color ayuda en la visión de la delimitación de la figura (Figura 91).



Figura 91

Desde cada punto nos llega una luz, resultado de la combinación de luces provocadas por estas interacciones. Solamente en el caso de que veamos algo totalmente negro en una superficie, se debe a que no nos viene luz desde esa zona y por lo tanto la combinación de luces que viene desde ahí es cero. Por lo tanto, desde cada punto, la luz que viene desde detrás del objeto y que pierde por absorción parte de su rango de longitudes de onda, se suma a la luz que es reflejada de forma difusa y a la luz que se refleja de forma especular. Cuando la luz reflejada especularmente es blanca y con buena intensidad se antepone en la visión al resto, reflejando de esta forma la superficie blanca como vemos en los brillos del reloj y la superficie plana blanca. Cuando la parte reflejada especularmente es oscura entonces a esta se antepone la luz transmitida, siempre que tenga más intensidad y sus frecuencias lumínicas lo permiten, como es en el caso de la iluminación de los números del despertador que quedan detrás. Por último, las zonas más oscuras representan partes de donde no llega luz de la reflexión especular, ni de la transmisión transparente, o sea la única luz que nos llega en este caso se debe a la respuesta difusa con muy poca intensidad

5.3. LA CONFIGURACIÓN DE LA IMAGEN VISUAL

5.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN VISUAL HUMANA

Aunque de este bloque de fundamentación describimos someramente el proceso de la visión humana una vez que la luz llega a nuestro cerebro, en este punto vamos a ver en detalle cuáles son las características de la imagen visual humana y la forma en la que se configura en nuestros órganos visuales. Por lo tanto, vamos a estudiar cuales son los límites de nuestro campo visual, como se establece nuestra sensibilidad a la luz visible, como se enfoca un punto, y como se observan varios puntos creando la sensación de imagen visual. También, estudiaremos como varía la imagen visual en el tiempo y aparece la sensación de movimiento. De igual forma, estudiaremos como percibimos tridimensionalmente el mundo que nos rodea y tenemos la sensación de profundidad, y cómo actúan nuestros ojos cuando los objetos quedan en la distancia o cuando se ven muy pequeños.

5.3.1.1. Factores que influyen en la observación

Dentro de los factores que influyen en la observación de la apariencia de los objetos, y por tanto de sus superficies se encuentra el punto de vista o perspectiva del observador, la distancia que separa el objeto, el observador y la luz, así como el posicionamiento relativo entre estos elementos.

Posiciones relativas objeto –luz - observador

Cada uno de los elementos que intervienen en la visión puede adoptar diferentes posiciones en relación a los restantes. En este apartado vamos a ver las diferencias fundamentales que aparecen cuando. Para representar estas posiciones utilizaremos esquemas simples y obviaremos las simetrías, es decir nos da lo mismo derecha e izquierda si las posiciones relativas se mantienen. Por lo tanto, existirán tres tipologías, definidas cada una por el objeto que queda en medio; el objeto, la luz o el sujeto.

Luz - Objeto - Sujeto (LOS)

Cuando el objeto se interpone entre la luz y el sujeto puede pasar varias cosas (Figura 92). Si el objeto es opaco, ya sea especular, difuso o mixto, crea una sombra en la dirección del observador llegando a provocar que el sujeto no vea el objeto si no le llega luz desde otra posición, ya que en este caso no existirá ninguna reflexión y este se mostrará totalmente negro.

Si el objeto permite la transmisión con absorción o la transmisión difusa entonces el sujeto verá la figura exterior del objeto y las cualidades superficiales que permiten dichas transmisiones. Es decir, el color transmitido, y la textura que se pueda ofrecer por transmisión como por ejemplo la rugosidad.

Cuando el objeto es transparente sin absorción, el sujeto no puede ver sus superficies, estas se hacen invisible mostrando los objetos iluminados que quedan detrás de él por reflexión. En el caso de que sus cantos ofrezcan ciertas reflexiones entonces permitirán la percepción de sus límites exteriores.

LUZ - OBJETO - SUJETO

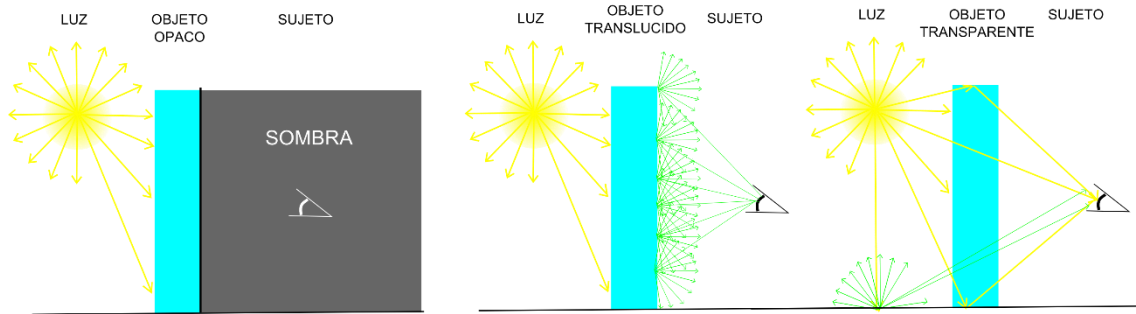


Figura 92

Objeto - Luz - Sujeto (OLS)

Cuando la luz se encuentra entre el objeto y el sujeto entonces ambos quedan iluminados. Esta es la posición normal que hemos estudiado en los casos anteriores.

Los objetos difusos muestran sus colores y texturas de la forma que hemos visto. Estos muestran su forma exterior mediante las delimitaciones con su fondo. Los objetos especulares reflejan la imagen que se antepone a ellos y sus límites también quedan definidos por el contraste con lo que queda detrás. De igual forma los objetos con reflexión mixta ofrecen su brillo y su apariencia dual variable (Figura 93).

OBJETO - LUZ - SUJETO

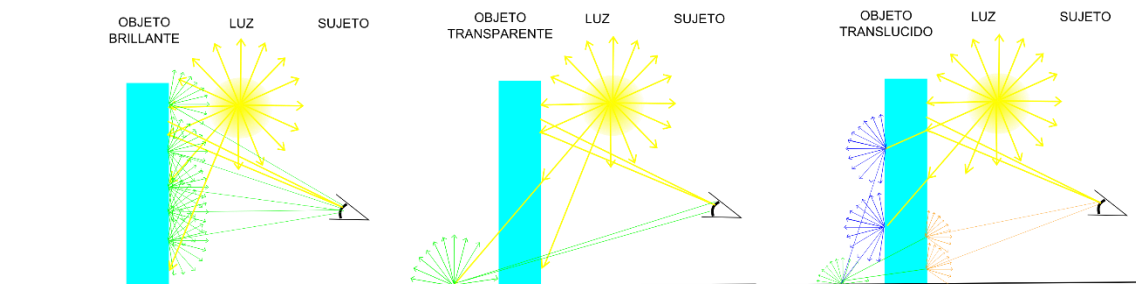


Figura 93

En el caso de objetos transparentes y translucidos la cosa cambia. Estos dejan pasar la luz y esta después de reflejarse en los objetos que quedan detrás vuelve hacia el observador (Figura 94). Si el objeto es transparente además deja pasar la luz, deja pasar la visión de lo que queda detrás y cuando la luz incidente sobrepasa el ángulo límite entonces reflejan de forma especular.

En el caso concreto de que toda la luz incida superando el ángulo límite entonces no se verá nada de lo que queda detrás del material transparente, es decir todo será un espejo. En este caso si lo que queremos ver es lo que queda detrás entonces debemos situar otra luz en la parte posterior al objeto. Este cambio visual espejo-escaparate es muy utilizado en ciertas representaciones escenográficas para mostrar diferentes ambientes en una misma escena.

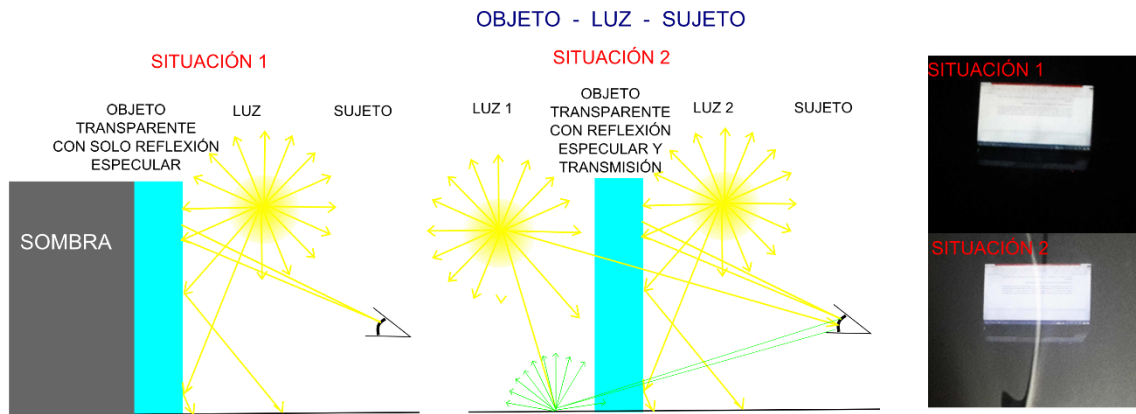


Figura 94

Luz - Sujeto – Objeto (LSO)

Cuando el sujeto queda entre la luz y el objeto puede ocurrir que este tape parte de la luz que le llega creando una sombra. Si a la superficie del objeto no le llega ninguna luz más entonces esa parte de la superficie se ve negra (Figura 95).

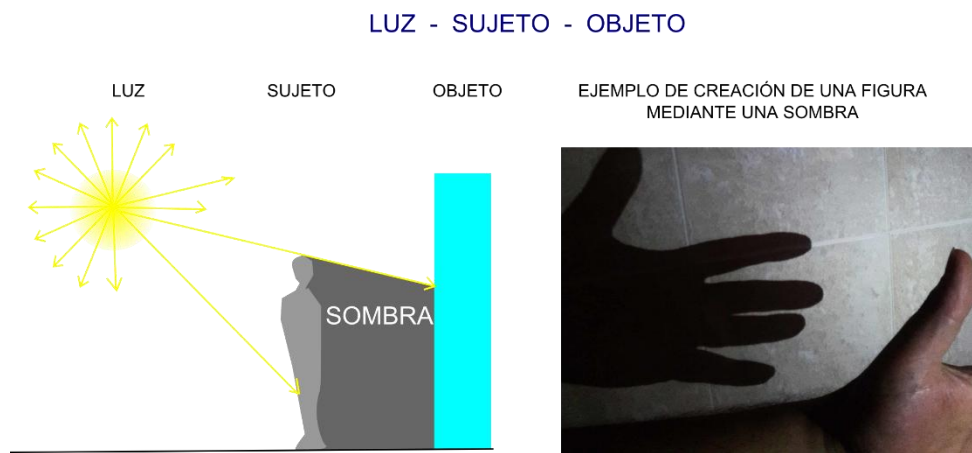


Figura 95

Este recurso también es muy utilizado en escenografía, sobre todo cuando se quiere mostrar la silueta de una figura sin ofrecer más detalles sobre esta.

El punto de vista: la perspectiva

El punto de vista o perspectiva es la imagen visual que percibe el observador de su entorno y que le ayuda a determinar la profundidad y situación de los objetos a distintas distancias espaciales en una escena. Por lo tanto, podemos definir la perspectiva como la imagen que tiene el observador del espacio tridimensional que le rodea.

La perspectiva humana atiende a un sistema de proyección visual cónico¹⁰⁶, es decir los rayos de luz son concurrentes en un punto espacial que se corresponde con el de un ojo humano (Figura 96).

¹⁰⁶ GUERRI, Claudio. 2002. *Forma, Multidisciplina y Transformación* (Argentina: SEMA Seminario de Primavera 2002)

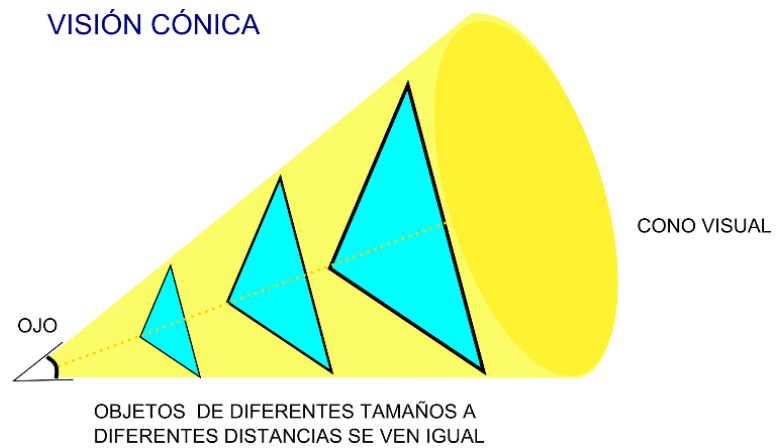


Figura 96

Esto provoca que deformemos visualmente el espacio que nos rodea hacia diferentes puntos de fuga. La deformación cónica nos hace ver los objetos más pequeños según se retiran en la distancia, por lo tanto, hace que no veamos los objetos con las relaciones geométricas que se establecen entre sus diferentes partes. Por ejemplo, elementos que guardan relaciones geométricas paralelas (Figura 97) es decir, mantienen siempre la misma distancia entre ellos, visualmente tienden a coincidir en un punto (punto de fuga¹⁰⁷). No obstante, estas deformaciones son de gran valor perceptivo, ya que nos ayudan a determinar visualmente las diferentes profundidades en el espacio.

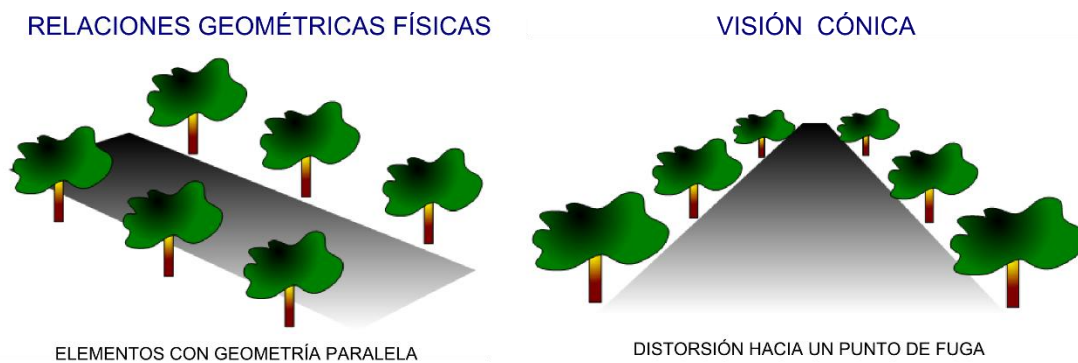


Figura 97

Dado que los objetos pueden tener diferentes dimensiones en el espacio tridimensional, es decir pueden desarrollarse; a lo largo, a lo ancho y/o a lo alto, podrán existir en la perspectiva diferentes puntos de fuga (Figura 98). Si representamos un objeto que se alarga en una sola dimensión visual entonces nos encontramos ante una perspectiva cónica frontal con un punto de fuga, en la que los objetos o, al menos, una de sus caras, se sitúan de forma paralela al observador. Cuando el objeto representado adquiere gran tamaño visual en dos de sus dimensiones respecto de la otra, entonces estamos ante una perspectiva cónica oblicua con dos puntos de fuga, se denomina oblicua, ya que el objeto al mostrar dos de sus dimensiones en fuga se encuentra posicionado de forma oblicua respecto el punto de vista del observador. Por último, en el caso de captar con nuestra visión un objeto que se desarrollará en las tres dimensiones con gran tamaño entonces veríamos que este se deforma hacia tres puntos de fuga en lo que denominamos una perspectiva oblicua con tres puntos

¹⁰⁷ MILICICH, Victoria. 2011. *La perspectiva*. (Taller Villalba: Introducción a la Arquitectura). Compilación.

de fuga. Sin embargo, esto no suele suceder, ya que nuestra visión tiene un campo visual con predominancia horizontal y el desarrollo vertical en fuga suele escaparse de nuestra visión.

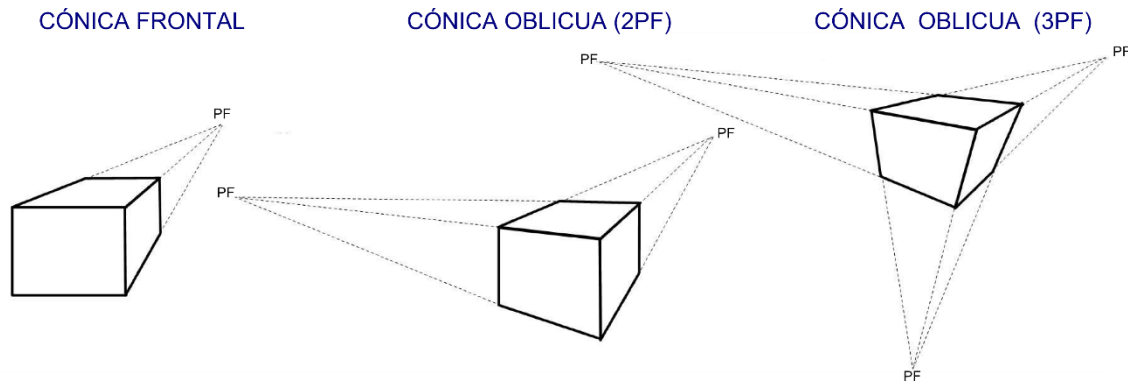


Figura 98

No obstante, podemos decir que nuestra visión atiende a este último tipo de perspectiva. Según se alejan los puntos de fuga del campo visual, el objeto se ve menos deformado en esas direcciones. En el caso de que los tres puntos de fuga queden muy afuera de la imagen visual, el objeto se ve poco deformado y las partes paralelas se ven prácticamente paralelas. Esto ocurre cuando observamos objetos pequeños como los que podemos coger con nuestras manos. Por otro lado, cuando uno de los puntos de fuga adquiere prioridad en la imagen visual está se acerca a la perspectiva cónica frontal con algo de deformación en los otros dos sentidos, y cuando aparecen dos puntos de fuga prioritarios (generalmente en disposición horizontal) entonces la perspectiva se acerca a una proyección cónica oblicua con un poco de deformación en la vertical.

La perspectiva de un objeto se determina por la posición visual del observador respecto la posición del objeto en el espacio. Por lo tanto, se puede determinar mediante ángulos y distancias. Una forma simple de definir un punto de vista, es referenciarlo a un punto de la superficie de un objeto. En este caso se hacen necesarios dos ángulos que aporten la dirección y una distancia que establezca la posición del ojo (Figura 99).

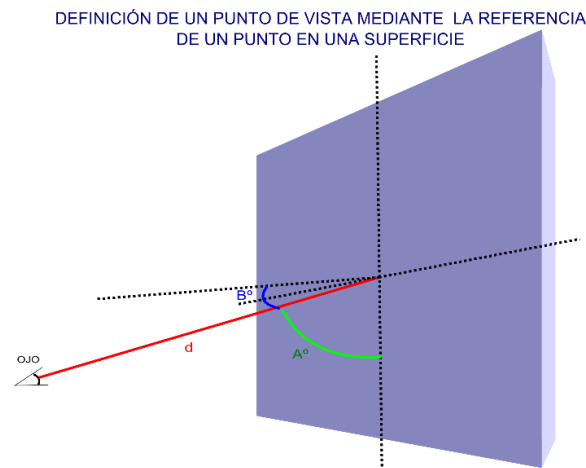


Figura 99

El campo visual determina si dentro de nuestra imagen visual entra la totalidad del objeto o tenemos que retirarnos más. Por otro lado, normalmente los objetos suelen ser opacos o translucidos por lo que no podemos ver la totalidad de su forma tridimensional desde una sola perspectiva. La opacidad o translucidez de los materiales nos impiden ver como se

conforma el objeto en la parte tridimensional trasera que estas tapan¹⁰⁸. Sin embargo, ciertos objetos transparentes si nos dejan ver su tridimensionalidad, al permitirnos ver sus límites posteriores a través de su materia. Por lo tanto, cuando el objeto no es transparente si queremos observarlo en su plenitud tridimensional necesitamos de varias perspectivas.

Teóricamente, podemos ver un objeto opaco desde cualquier posición espacial con el fin de conocer su forma tridimensional global. Es decir, desde arriba, desde abajo, de frente, de lado o por detrás. Esto lo podemos hacer cuando creamos una figura tridimensional en un programa de diseño asistido por ordenador y orbitamos sobre ella sin ningún problema. Sin embargo, como dijimos los objetos materiales con los que interactuamos tienen un peso y suelen estar sujetos o apoyados en algo. Este algo, siempre crea un límite visual que obstaculiza en ocasiones que este proceso visual se realice de forma completa.

Si el objeto material real, es abarcable por nuestras manos entonces podemos girarlo para obtener las perspectivas que necesitamos de este, pero si no es posible como en el caso de los objetos arquitectónicos, siempre existirán partes que no serán visibles. En general, se nos impide la visión desde debajo de los objetos apoyados en su base inferior o el suelo. Los objetos fijos adosados nos impiden su visión lateral y los empotrados solo nos permiten el movimiento que podamos realizar entorno a ellos.

Por otro lado, el hombre también tiene limitaciones a la hora de desplazarse en el espacio y no siempre puede posicionarse en el lugar del espacio que desee. Nos desenvolvemos bien siempre que nos desplazamos a ras de suelo, pero conseguir perspectivas aéreas puede ser tarea complicada. El ser humano puede posicionarse en altura de diferentes formas, por ejemplo; al subir a un pico montañoso, al subir a un edificio, al montarse en una grúa o al montar en globo. No obstante, hoy en día con el avance tecnológico se han desarrollado unos aparatos de vuelo portadores de cámaras de alta resolución llamados drones que nos permiten llevar nuestra visión a cualquier punto del espacio aéreo que nos rodea.

La distancia

Como acabamos de ver, uno de los condicionantes de la perspectiva visual es la distancia que separa el sujeto del objeto. En general, según nos retiramos del objeto observado la nitidez de este se va perdiendo. Sobre las cualidades de apariencia de su superficie aparece lo que se denomina la mezcla óptica por la cual las cualidades visuales de la textura se van perdiendo hasta percibirse como un color monocromático, como veremos un poco más adelante.

Lo mismo ocurre también en sentido inverso con materiales translucidos. En este caso, según retiramos los objetos que quedan tras de ellos estos se ven cada vez más translucidos y menos reconocibles (Figura 100). Esto se debe a que la luz que nos llega de ellos por transmisión desde la distancia se difunde más.

TRANSLUCIDEZ A DIFERENTES DISTANCIAS DEL OBJETO

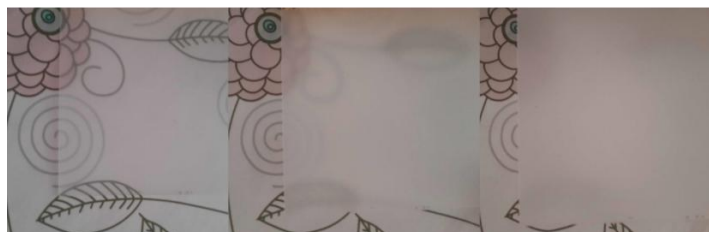


Figura 100

¹⁰⁸ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint). IV. *Como es y como se ve*. Pág.89.

5.3.1.2. El campo visual: El marco

En primer lugar vamos a establecer la diferencia entre el campo visual y la imagen visual. El campo visual hace referencia a la parte del espacio tridimensional que es apta de ser captada por la visión, mientras que la imagen visual hace referencia a toda la información visual que aparece a lo largo y ancho de dicho campo visual. Por lo tanto, la imagen visual la conforma toda la información que obtenemos a través de nuestros órganos sensoriales visuales del campo visual que nos rodea, debido a la luz visible que nos proviene de este.

El campo visual es la porción del espacio en la que se ven los objetos simultáneamente, mientras la mirada está fija en un punto. Este espacio visual captable es limitado, es decir no es el ideal esférico (Figura 101), en el captaríamos todo el espacio que nos rodearía, si nuestro propio cuerpo fuera transparente.

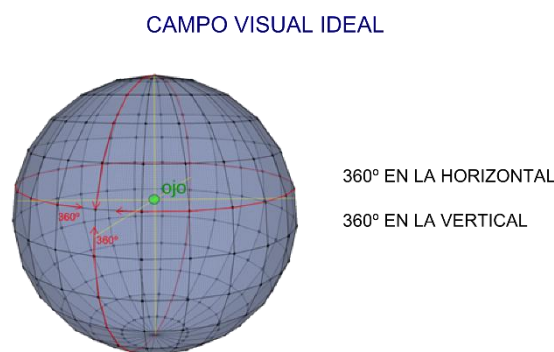


Figura 101

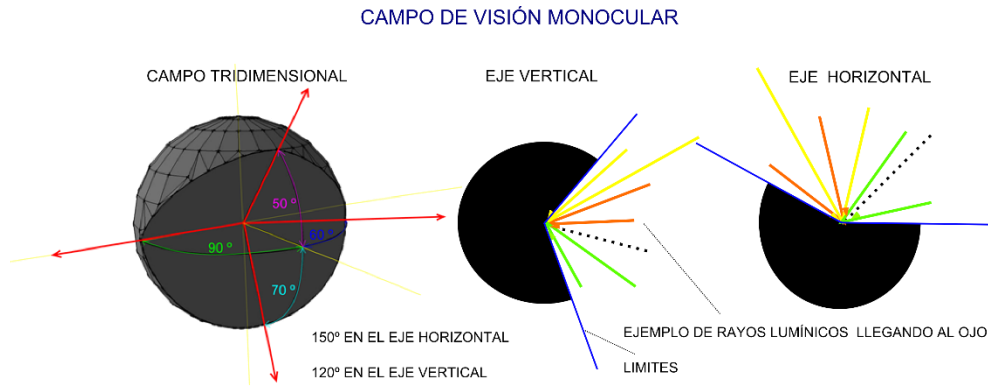
Todo lo que queda fuera de nuestro campo visual no lo vemos. No vemos lo que queda detrás de nosotros y parte de lo que queda arriba y debajo de nuestros órganos visuales.

Tenemos dos órganos visuales receptores, llamados ojos. Los ojos están dispuestos en la parte frontal media de nuestra cabeza de forma horizontal y simétrica. El eje horizontal se establece de forma perpendicular respecto de nuestro eje de referencia vertical, definido por la acción de la gravedad, que es el eje de equilibrio nuestro cuerpo cuando estamos erguidos.

Por otro lado, la visión no es igual en cada individuo, está varía dependiendo de las características fisiológicas de cada uno. Nosotros estudiaremos la visión estándar que se corresponde con la media de los sujetos analizados.

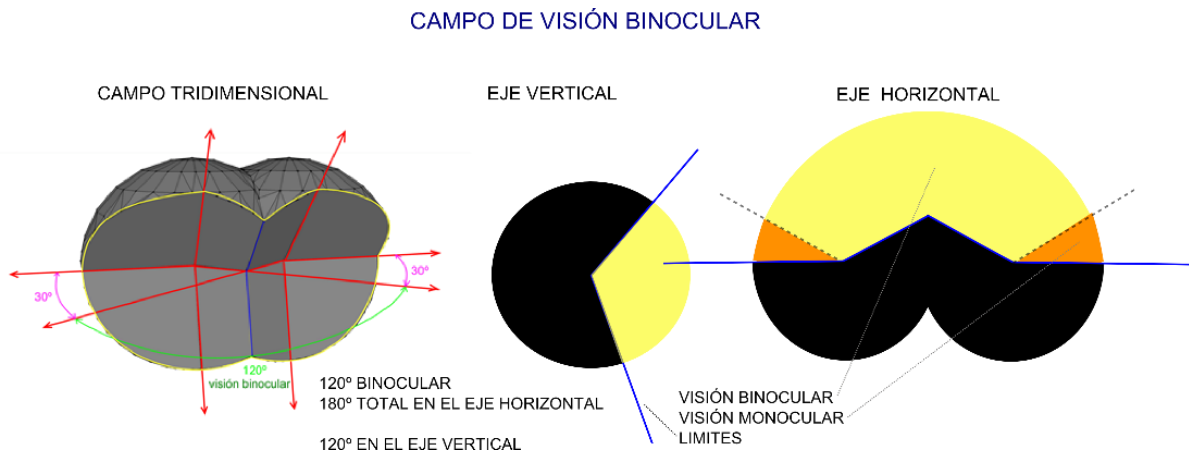
Si empezamos con el campo visual de la visión monocular¹⁰⁹, es decir el de un solo ojo, entonces observamos que este adopta sus límites periféricos una forma próxima a un círculo, debido a que la recepción de la luz la realizamos de forma de proyección cónica, tal y como vimos. Se dice que el campo visual de un ojo es el área total en la cual los objetos se pueden ver en la visión lateral periférica, mientras se enfoca a un punto central. Cada ojo ve aproximadamente 150° sobre el plano horizontal, unos 60° desde el lado nasal y entre unos 90 y 100° desde el lado temporal, mientras que sobre el plano vertical se abarca menos, en total unos 120°. Unos 50° por encima de la horizontal y unos 70° por debajo de esta (Figura 102).

¹⁰⁹ CARPIO FONTICIELLA, Irisema 2006 *Campo Visual* (Ciudad de la Habana: Editorial ciencias Médicas)



Por lo tanto, la luz captable por un ojo no atiende a la totalidad de una semiesfera. Los rayos de luz provenientes del espacio están limitados a estos ángulos. Por otro lado, las diferentes luces que llegan a nuestro ojo de forma cónica son las responsables de configurar las diferentes imágenes visuales.

La reducción del campo visual por arriba y por adentro se debe a la interferencia de la nariz y de la ceja, y de ahí que las capas sensibles de la retina no se extienden tan adelante por el lado temporal como por el lado nasal (Figura 103). Estas características formales se deben a los cambios evolutivos de la raza humana a lo largo de su historia. No obstante, los límites del campo pueden variar un poco según ciertos factores como: el tamaño, la intensidad del color, la iluminación, etc.



En la mirada binocular¹¹⁰, el campo que se percibe entre ambos ojos llega hasta 180°. Ambos campos se superponen unos 120° en lo que define el campo binocular, es decir 60° a cada lado del eje simétrico, quedando los campos temporales excedentes a cada lado, como monoculares, es decir 30° al lado izquierdo y 30° al lado derecho.

La localización de un punto sobre el campo visual se sitúa en el reverso de la retina. Una figura que aparezca en el lado nasal del campo es percibida por la retina temporal y viceversa, una que aparezca en la parte superior del campo es vista por la parte inferior de la retina¹¹¹ (Figura 104). Excepto en la visión foveal donde un mismo punto impresiona en el mismo sitio. Luego estas dos imágenes se funden en una sola como veremos a continuación.

¹¹⁰ CARPIO FONTICIELLA, Irisema 2006 *Campo Visual* (Ciudad de la Habana: Editorial ciencias Médicas)

¹¹¹ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

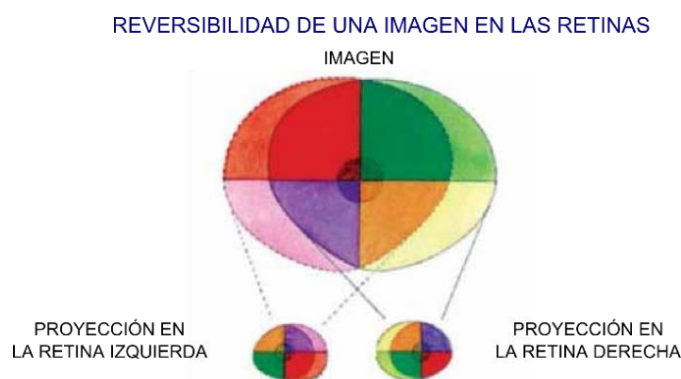


Figura 104

Aunque tengamos dos órganos visuales, solo vemos una imagen visual. Para estudiar la formación de esta única imagen en el campo visual binocular es necesario tener en cuenta los fundamentos de la visión binocular. En primer lugar, solo es abarcable el espacio definido por los ángulos anteriormente descritos para la visión binocular, es decir, la zona del campo visual que puede ser vista simultáneamente por los dos ojos. Por otro lado, la adición de las imágenes de cada ojo para la formación de una sola imagen se explica mediante la teoría de los puntos correspondientes, donde cada imagen de cada retina puede ser considerada como una copia de la otra, por lo tanto, a cada punto de una corresponde un punto de la otra, en lo que se denominan puntos correspondientes. Por último, aparece la fusión sensorial cuando dos imágenes casi idénticas, formadas sobre dos puntos correspondientes de ambas retinas, forman la visión de una sola imagen a nivel cortical mediante la fusión de ambas, en concreto esto ocurre en un nivel superior del córtex denominado área psico-visual o área 18, siendo estereoscópica y permitiéndonos ver el espacio que nos rodea de forma tridimensional. La fusión sólo puede realizarse para una acomodación dada sobre un punto en la imagen visual, por lo tanto los puntos situados espacialmente delante o detrás de este punto no caerán sobre puntos correspondientes y se verán en lo que se llama diplopía fisiológica. En general, el proceso de fusión es inconsciente y está regido por la visión del ojo dominante¹¹².

Por lo tanto, el marco de nuestra imagen visual fusionada lo define el campo de la visión binocular. No obstante, cuando miramos con un solo ojo, es decir cerrando el otro, entonces el marco visual queda definido por el campo visual monocular, donde evidentemente no se requiere de ninguna fusión.

En general, podemos decir que el marco de nuestra imagen visual es más largo que alto, es decir abarca más en el eje horizontal que en el vertical¹¹³ (Figura 105). Podemos establecer los límites horizontales del marco de la imagen visual mediante los límites de toda la luz que nos llega a los ojos, es decir incluyendo la parte monocular de los dos ojos, y para los límites verticales adoptamos los de la visión monocular sabiendo que quedan un poco reducidos en la parte central nasal. No obstante, en la imagen real no solemos detectar estos límites del marco de forma definida. Esto se debe al proceso de enfoque y al descenso de la sensibilidad que se produce según nos separamos en el campo visual de la zona enfocada. Por otro lado, el marco de la visión binocular es mayor en la horizontal que en la visión monocular. De hecho, solo tenemos que cerrar un ojo para percibir este recorte en la imagen, sin embargo no sufre reducción en el eje vertical del centro de la imagen, ya que ahí no existen obstáculos físicos.

¹¹² CARPIO FONTICIELLA, Irisema 2006 *Campo Visual* (Ciudad de la Habana: Editorial ciencias Médicas)

¹¹³ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

MARCOS EN LA REPRESENTACIÓN DE IMÁGENES

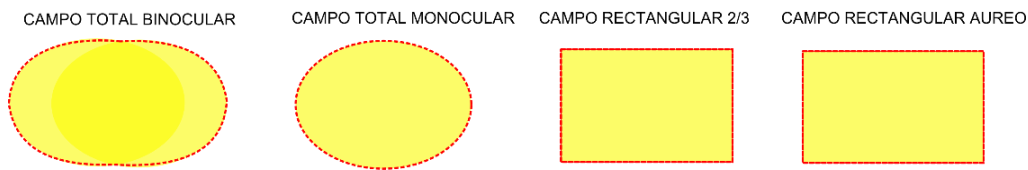


Figura 105

No obstante, a la hora de estudiar y analizar diferentes las imágenes visuales utilizaremos otros tipos de marcos. En general, utilizaremos representaciones mediante imágenes con diferentes marcos rectangulares, ya que son los tipos de marcos que nos ofrecen los medios tecnológicos actuales.

5.3.1.3. La sensibilidad***Relación entre sensibilidad y campo visual***

Por otro lado, el campo visual y la sensibilidad están relacionados, de hecho el campo visual se desarrolla en función de la sensibilidad de la retina. Existe mayor sensibilidad retiniana en la fovea, ya que ahí se perciben los estímulos más pequeños, según nos alejamos de esta zona, vamos perdiendo sensibilidad hasta llegar a no percibir nada. Según Irasema Carpio¹¹⁴

“Traquiar, en 1948, comparó el campo visual como una isla de visión en un mar de ceguera (Figura 106); más tarde acudieron los topógrafos y proporcionaron mapas de la isla con una única y gran altura, en el lugar correspondiente a la fovea, punto de mayor sensibilidad retiniana, donde se perciben los más pequeños estímulos. A partir de esta la sensibilidad va disminuyendo según la altura de la colina, disminuye progresivamente, hasta llegar a los límites externos donde la visión es muy deficiente, y por último descender o adentrarse sus límites en el mar de oscuridad. En la ladera menos abrupta de esa colina, llamada temporal, existe un orificio, como un pozo profundo que se denomina mancha ciega de Mariotte "MC" (su descubridor), y se corresponde con el área de la papila o disco óptico, situada en el lado nasal de la retina. Ese punto ciego solo puede ser percibido cuando se mira por un solo ojo, ya que si se hace con ambos, se superponen los campos y este no aparece.”

¹¹⁴ CARPIO FONTICIELLA, Irisea 2006 *Campo Visual* (Ciudad de la Habana: Editorial ciencias Médicas)

ISLA DE VISIÓN EN UN MAR DE CEGUERA

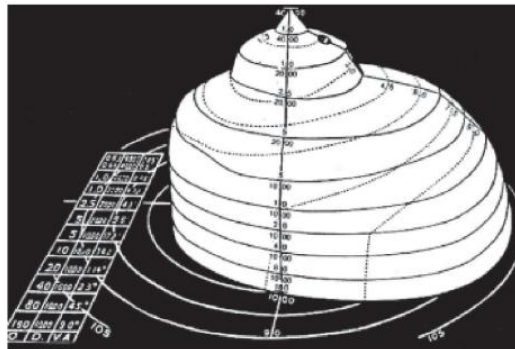


Figura 106

En general, en la zona temporal la sensibilidad desciende con una pendiente menos abrupta, aquí es donde se sitúa el punto ciego que se corresponde con el área de la papila o disco óptico. Mientras que en la zona nasal, la sensibilidad desciende de forma abrupta y la curva adquiere rápidamente una posición vertical.

Sensibilidad al contraste

Equivale al mínimo contraste de luminancias¹¹⁵ (*efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria de luz como si procede de una superficie que refleja*), "G" que puede ser percibido por el ojo humano. Se puede expresar de la siguiente forma:

$$G = Lf / (L0 - Lf) = 1/K$$

Siendo: $L0$ = luminancia de la superficie del objeto tiene una; Lf = luminancia de la superficie de fondo, y K = contraste.

De tal forma que la mayor sensibilidad a los contrastes podrían llegar a un valor de;

$$G = 1/0.01 = 100$$

Lo normal es que en las condiciones lumínicas habituales donde existe gran variabilidad lumínica, la sensibilidad a los contrastes sea más pequeña que el valor expuesto.

Ojo central y periférico

Como *ojo central* se considera la zona central de la retina, donde se encuentra *la mácula*. Esta es la zona más sensible, capaz de distinguir los objetos con nitidez.

Dentro de la fovea se encuentra la mayor agudeza visual que se alcanza cuando el globo ocular está en reposo y el objeto se encuentra en movimiento. Según nos alejamos de esta zona la sensibilidad decrece y por lo tanto, la capacidad de reconocer objetos. Podemos decir, que la zona del ojo central se encarga de reconocer el color, la forma y la luminosidad que nos transmiten los objetos y por lo tanto nos permite reconocerlos e interactuar con ellos. Esta zona nos ofrece el sentido del color, al poder distinguir diferentes longitudes de onda, el sentido de la forma, al determinar con nitidez las diferencias entre unos colores y otros, y el sentido de la luz, al permitirnos diferenciar distintos grados de intensidad luminosa.

¹¹⁵ INDALUX. 2002. *Manual de luminotecnia*. (Catálogos de Indalux. Iluminación Técnica, S.L. – INDALUX. http://www.construmatica.com/empresa/industrias_derivadas_del_aluminio_sa_indalux/catalogos) Catálogo 2. El ojo.

Por otro lado está el *ojo periférico* que tiene una superficie sensible mucho mayor que el ojo central, extendiéndose por toda la porción posterior del globo ocular. El ojo periférico se extiende desde los bordes de la macula hasta la *ora serrata*, por todo el contorno del globo ocular. La mayor diferencia con el ojo periférico respecto del central radica en que aunque la superficie sensible es mucho mayor, la capacidad para distinguir los colores y formas es mucho menor, por lo que las imágenes son más borrosas y menos nítidas en estas zonas. El ojo periférico nos permite la visión en todo el campo visual, por lo que vemos de forma panorámica la posición de los diferentes objetos que nos rodean. Desarrolla el sentido de la orientación, ya que nos permite orientarnos al caminar, o movernos en diferentes direcciones. De igual forma, nos permite detectar variaciones bruscas y movimientos en la periferia por lo tanto propicia el sentido del movimiento, por otro lado también detecta las variaciones de intensidad de la luz, indicando su situación espacial.

Sensibilidad espectral del sistema visual

El sistema visual lo podemos entender como un detector de energía lumínica¹¹⁶. Esta detección no es igual para todas las longitudes de onda. La sensibilidad para cada radiación es diferente y afecta a la sensación visual de nuestra imagen visual. Por lo tanto, la sensibilidad no solo cambia a lo largo y ancho del campo visual, sino que también varía en función del rango de longitudes de onda que nos llegan. La recepción de estas longitudes de ondas depende de los dos tipos de receptores que se encuentran en la retina: los conos y los bastones.

En función de los niveles de iluminación actúan unos y/o otros. En el nivel *Escotópico* que es cuando la iluminación no pasa de 10⁻³ cd/m², es decir cuando hay poca luz, solo actúan los bastones.

Los bastones se encuentran en la *retina periférica*, que es la zona que rodea la fovea y contiene tanto bastones como conos. En general, los bastones tienen una sensibilidad alta, ofrecen más fotopigmentación que los conos, tienen una alta amplificación dando respuesta a un solo quantum de luz, tienen una baja resolución temporal y más sensibilidad a rayos de luz interoculares que los conos. Además, los bastones proveen una baja resolución espacial; convergiendo los caminos de las señales, y no aparecen en la zona central de la fovea.

Los bastones tienen el mismo pigmento y por lo tanto, no son capaces de proveer diferencia de tono como la visión cromática, aunque dan respuesta a la saturación en niveles normales de luz diurna (Figura 107).

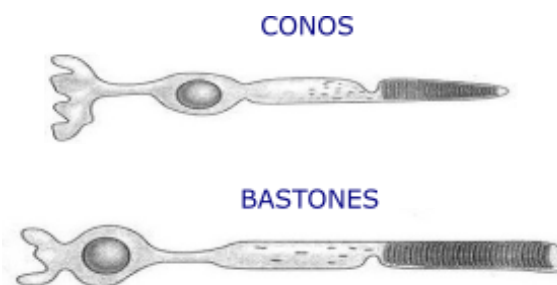


Figura 107

En el nivel *Mesópico* donde la luz se encuentra entre 10⁻³ cd/m² y 1cd/m², existe alguna respuesta de bastones y conos, ya que en este nivel existe algo de luz.

¹¹⁶ ARTIGAS, J. M; CAPILLA, P; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Fundamentos de colorimetría*. (Valencia: Universitat de Valencia).

Aquí entran en acción los conos que tienen una más baja sensibilidad que los bastones y menos fotopigmentación. También, tienen más baja amplificación y alta resolución temporal. Más sensibilidad que los bastones para la luz en dirección axial.

Por otro lado, los conos permiten una alta resolución espacial. Tienen su más alta densidad en la fóvea y muestran menos convergencia que los bastones. Los conos son de tres tipos, cada uno con diferentes pigmentos. Los conos contribuyen tanto a la visión cromática como a la acromática, alcanzando respuestas a la saturación solo con altas intensidades.

Como vimos, la mayor parte de los conos se encuentran en la retina y su periferia. Sin embargo, en la periferia el número de bastones supera al de los conos en una proporción aproximadamente de veinte a uno.

Por último, en el nivel *Fotópico* donde hay más de 10^{-3} cd/m², solo actúan los conos, ya que los bastones quedan blanqueados al existir mucha luz.

Los tres tipos de conos se conocen como L, M y S. Estos nombres se refieren a la sensibilidad de cada cono a las los diferentes rangos de longitudes de onda¹¹⁷; Long (largas), Middle (medias) y Short (cortas). Los conos L son sensibles a tonalidades rojas, los conos M se sensibilizan con tonalidades verdes y los conos S responden a estímulos azules. La relación entre las diferentes cantidades de conos es 40:20:1, para L:M:S es decir, existe el doble de conos sensibles a los rojos que a los verdes y cuarenta veces más conos sensibles a los rojo que a los azules.

Ante un estímulo luminoso cualquiera se obtiene respuesta visual que puede ser representada mediante un gráfico. Si conocemos la respuesta a estímulos espectrales de energía constante, entonces podemos establecer un gráfico de los niveles de sensibilidad en función de la longitud de onda visible, lo que se define como la *Función de Sensibilidad Espectral*¹¹⁸ (FSE)

Por otro lado, también podemos determinar la energía de estímulos espectrales que den la misma respuesta. Aquí se establece un gráfico de los niveles de energía en función de la longitud de onda. Esto es la *Función del espectro de acción* (FEA)

La Función de Sensibilidad Espectral (FSE) se define como la función $V(\lambda)$, donde el máximo suele estar entre los 500 y los 555nm y los mínimos en los extremos (Figura 108).

CONFIGURACIÓN DE UNA FSE Y FSE PARA DIFERENTES OBSERVADORES

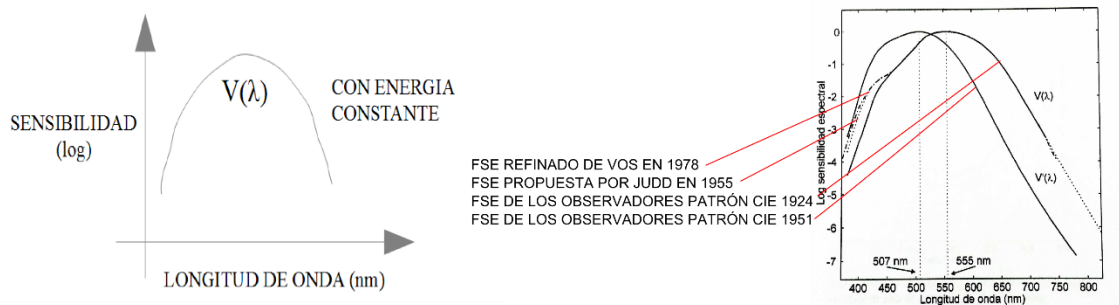


Figura 108

¹¹⁷ ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica.* (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

¹¹⁸ ARTIGAS, J. M; CAPILLA, P; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Fundamentos de colorimetría.* (Valencia: Universitat de Valencia).

Las FSE caracterizan la sensibilidad de un mecanismo particular del sistema visual, permitiendo la traducción de magnitudes radiométricas a magnitudes fotométricas que miden el efecto físico que tiene las magnitudes sobre un observador. Por lo tanto, permiten predecir la luminosidad de los estímulos.

Una magnitud radiométrica es la *radiancia espectral*, que es igual la energía radiante en forma de flujo emitido por un cuerpo por unidad de superficie en una dirección particular siguiendo un ángulo sólido en todo el espectro de frecuencias visibles. Por ejemplo, si sobre dos estímulos con igual radiancia comparamos sus luminosidades; en general no nos parecerán iguales, salvo que sus longitudes de onda sean muy similares. Si la radiancia es igual a $E(\lambda)$ y la FSE igual a $V(\lambda)$ entonces la luminancia (Y) se define como:

$$Y = k_m \int E(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

Donde; k_m es una constante que relaciona lúmenes con vatios (escotopico=1700 $l_m W^{-1}$ y fotopico 683 $l_m W^{-1}$).

La cantidad de luminosidad percibida por lo tanto se corresponderá con el área que aparece de la ponderación de la función de la energía radiante y la sensibilidad del observador. Si el área ponderada es mayor entonces la luminosidad será mayor y viceversa.

Sin embargo la luminosidad es una cualidad acromática, las percepciones individuales de los colores, son ofrecidas por la sensibilización de cada tipo de cono a la luz y responden a las siguientes funciones¹¹⁹:

$$L = \int \zeta(\lambda) Q_e(\lambda) d\lambda$$

$$M = \int \gamma(\lambda) Q_e(\lambda) d\lambda$$

$$S = \int \beta(\lambda) Q_e(\lambda) d\lambda$$

Donde $\zeta(\lambda)$, $\gamma(\lambda)$ y $\beta(\lambda)$ representan los valores de conversión de energía radiante en percepción de los conos L, M y S, respectivamente (Figura 109), para la longitud de onda y $Q_e(\lambda)$ el espectro luminoso con energía constante.

SENSIBILIDAD ESPECTRAL DE LOS CONOS

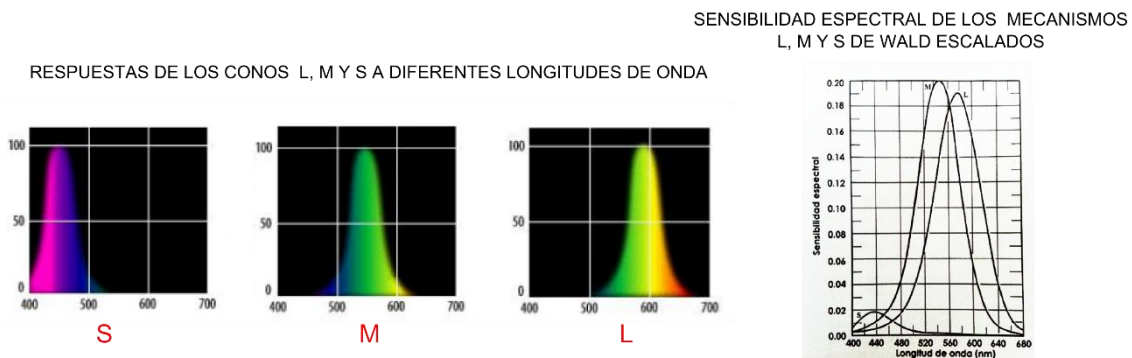


Figura 109

¹¹⁹ ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica.* (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

La explicación de la visión del color se basa en la *Teoría tricromática*. Esta teoría que parte de observaciones de Newton, formulada por Thomas Young, y posteriormente, reformulada por Helmholtz y Maxwell, asume que tres imágenes monocromáticas (verde, roja y azul) son formadas por los conos para ser, posteriormente, transmitidas al cerebro en donde ya se forma una imagen cromática con la información aportada por cada monocroma. Según las diferentes longitudes de onda se activan unos conos u otros produciendo la sensación de color.

Por otro lado, apareció el Modelo de colores opuestos propuesto por Hering (Figura 110) y actualizada por Jameson y Hurvich. Esta teoría se fundamenta en que todas las cromaticidades pueden contener una componente roja pero no su complementaria. Si es roja no puede contener verde, y si es azul, no puede contener amarillo. Por lo tanto, la sensación de color en esta teoría se organiza a lo largo de dos ejes. El primero codifica la composición roja-verde de un estímulo luminoso, mientras que el segundo eje que es perpendicular al anterior, codifica la composición azul-amarilla. La intersección de estos dos ejes codifica la información luminosa en un tercer eje perpendicular a ambos.

MODELO DE COLORES OPUESTOS

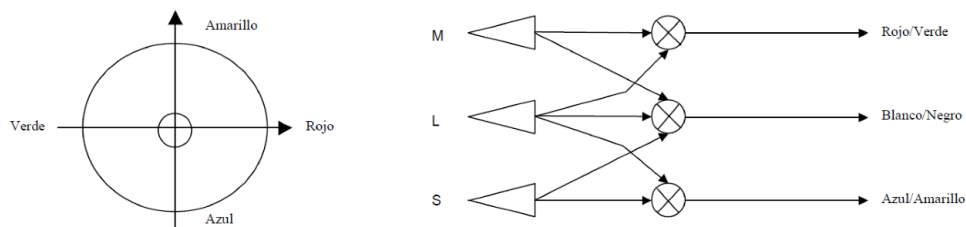


Figura 110

Se puede representar la señal roja-verde que interpreta el cerebro humano como una combinación de las respuestas de los conos L y M. Cuando la respuesta L es mayor que la M entonces la señal es positiva y se interpreta como un color rojizo. Cuando sucede lo contrario la señal es negativa se perciben tonalidades verdes. En el caso de igualdad se percibe un color neutro.

Al igual que en el caso anterior, la información azul-amarilla proviene de la respuesta de los conos a estas franjas de luz. En este caso la respuesta se obtiene con la diferencia entre la respuesta del cono S y la suma de las respuestas de los conos L y M.

Por otro lado, también existe un modelo que interpreta el modelo triestímulo y el modelo de los colores opuestos como válidos pero en niveles de interpretación diferentes, es decir el primero para interpretar los procesos en la retina y el segundo para interpretar los procesos en el cerebro, este modelo se denomina *Teoría de zonas*.

Tanto, la luminosidad como la cromaticidad son cualidades imprescindibles de nuestra imagen visual, y de igual forma las interacciones entre estas son muy importantes ya que son las responsables de la configuración de la imagen visual como veremos más adelante.

Por lo tanto, a la hora de analizar imágenes estas cualidades son imprescindibles. En nuestro caso, el estudio del peso visual tiene como base la luminosidad de la imagen visual en función de cómo está repartida a lo largo de esta.

La adaptación a la luminosidad

Como acabamos de ver, en función de nivel de iluminación se activan unos receptores u otros. Esto hace que nuestra imagen visual cambie adaptándose a estos niveles. El proceso puede ir en las dos direcciones, es decir de luz a oscuridad

o al revés. Si pasamos de un lugar oscuro a otro iluminado, adaptación a la luz, entonces la pupila se contrae, siendo su diámetro inversamente proporcional a la intensidad luminosa, activándose el reflejo pupilar. La retina en este momento requiere mayor intensidad luminosa para cambiar, es decir, eleva su umbral de excitabilidad. Por lo que el umbral de excitación se halla inversamente relacionado con la sensibilidad. En este momento, se destruye el pigmento visual de los bastones y se regeneran los de los conos.

Por otra parte, si aparece una adaptación a la oscuridad, es decir si pasamos de un lugar iluminado a otro oscuro, entonces el fenómeno es más complejo. Aquí la dilatación de la pupila, hasta llegar a casi un centímetro de diámetro. Transcurridos unos 3-4 minutos en la oscuridad se empieza a disminuir el umbral¹²⁰ de excitabilidad de los conos y aumenta su sensibilidad a la luz. Simultáneamente, se va disminuyendo el umbral de excitabilidad de los bastones y aumenta la sensibilidad de éstos, hasta alcanzar la máxima sensibilidad cuando han transcurrido una media hora.

La diferencia en la velocidad de adaptación de conos y bastones se debe en gran medida a la diferencia que existe en cuanto a la velocidad a la que se regeneran sus respectivos pigmentos visuales. Además, bastones y conos también difieren en cuanto a su sensibilidad espectral, que es la sensibilidad a la luz de diferentes longitudes de onda del espectro visible, lo que al final se traduce en una diferencia en las propiedades de absorción por parte de estos pigmentos visuales.

A la hora de trabajar con imágenes visuales que intenten reflejar nuestra visión, a no ser que estemos tratando el caso concreto del proceso de adaptación, intentaremos reflejar la imagen acorde con la adaptación una vez que se encuentra estabilizada. En general, con fotografías que representen nuestra imagen visual utilizaremos la técnica del balance de blancos.

5.3.1.4. El enfoque

El funcionamiento de las lentes humanas

El ojo humano consiste en diferentes partes que contribuyen a crear la imagen visual. La luz cuando llega al ojo se refracta y se transmite hasta llegar a la retina. La refracción de esta luz atiende a las leyes de la física óptica para lentes curvas.

Podemos decir que la mayoría de la refracción ocurre en la córnea con un índice de refracción cercano a 1.38. La curvatura de nuestras lentes puede incrementarse y con ello incrementar el poder refractante. Esto nos permite enfocar los objetos en lo que denominamos acomodación. Por lo tanto, acomodación significa cambiar el foco de nuestras lentes desde una distancia en el infinito hasta una cercana. Este ajuste puede ser expresado en dioptrías de la misma forma que en un par de lentes de unas gafas. La capacidad de la acomodación se pierde con la edad.

Pero no toda la luz que llega a nuestros ojos entra en ellos, de hecho también se produce una reflexión mixta, la parte especular muestra el brillo de nuestros ojos y la parte difusa muestra el color y la textura de estos.

¹²⁰ AZNAR CASANOVA J. Antonio. 2014. *Psicología de la percepción visual*. (Barcelona: Ph DrVision & Control of Action (VISCA) group Dept. Psicología Basica. Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona. <http://www.ub.edu/pa1/>)

EL ENFOQUE VISUAL

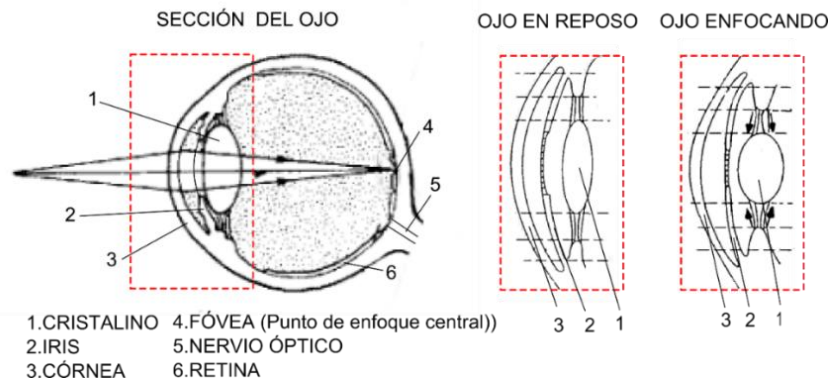


Figura 111

La córnea, la cubierta transparente de la zona anterior del ojo, posee aproximadamente el 80 % de la potencia de enfoque ocular. Pero, debido a que no puede cambiar de forma o posición, tampoco puede cambiar su punto focal. Por su parte, el cristalino, que aporta aproximadamente el 20 % de la potencia de enfoque, cambia su forma para ajustar el enfoque ocular a las distintas distancias en las que pueden situarse los estímulos (Figura 111).

EL OJO HUMANO : EL ENFOQUE

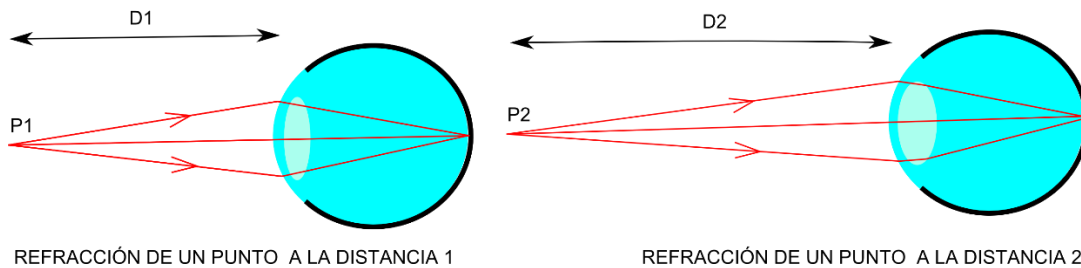


Figura 112

Para enfocar la imagen, el ojo aumenta su potencia de enfoque mediante un proceso llamado *acomodación*¹²¹, en el que los músculos tensores situados en la porción anterior del ojo intensifican la curvatura del cristalino para hacerlo más grueso (Figura 112). Una mayor curvatura permite desviar más los rayos que atraviesan el cristalino y adelantar el punto focal para crear una imagen definida sobre la retina. El cristalino se adapta constantemente para mantener enfocada la imagen del objeto que estamos observando en cada momento de forma automática.

Como hemos podido ver, la acomodación permite enfocar objetos lejanos y cercanos, no obstante, no permite mantener enfocados dos objetos que se encuentren a distancias distintas al mismo tiempo. Además, también se ha visto que la acomodación tiene sus límites. Cuando un objeto está demasiado cerca, no es posible verlo con claridad, por mucho que nos esforcemos por lograr la acomodación. La distancia a la que el cristalino ya no puede realizar ningún ajuste para enfocar un objeto cercano recibe el nombre de *punto cercano*.

Cuando la luz proviene desde varios puntos, los cuales no pueden estar enfocados a la vez entonces la refracción de estos puntos se reparte por la retina y de forma inversa con respecto a la imagen, tal y como vimos. El conjunto de todas estas refracciones nos da la imagen visual (Figura 113).

¹²¹ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

EL OJO HUMANO FUNCIONANDO COMO UNA LENTE

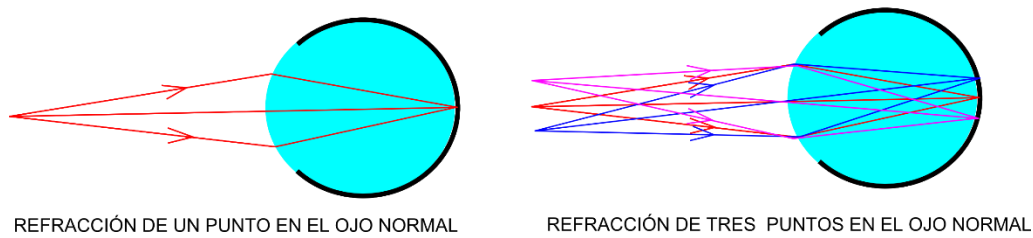


Figura 113

Otra razón que explica que la respuesta del ojo humano no es igual para todas las longitudes de onda es que la refracción de los rayos luminosos que llegan a la retina no afecta por igual a todas sus frecuencias (Figura 114). La luz azulada focaliza en un punto anterior a la retina, mientras que las rojizas lo hacen en puntos posteriores. Esto provoca que los objetos rojos o azules pierdan nitidez en una escena. Por otro lado, en los verdes, el punto de convergencia o focalización se sitúa exactamente en la retina, lo que crea a una visión más nítida para estas tonalidades¹²².

REFRACCIÓN DE LAS DIFERENTES LONGITUDES DE ONDAS EN EL CRISTALINO

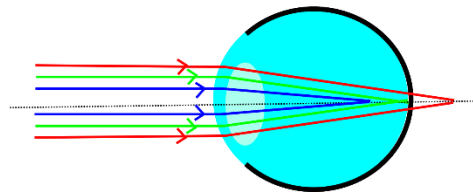


Figura 114

El enfoque sobre la imagen visual provoca que el objeto observado adquiera la cualidad de figura sobre el resto de la imagen que hará la función de fondo. Este hecho cobra una vital importancia a la hora de analizar imágenes visuales, ya que una misma imagen puede interpretarse de formas muy diversas en función de la selección de la figura o figuras y su segregación sobre el resto.

5.3.1.5. La profundidad

La sensación de profundidad puede desarrollarse mediante la visión monocular o con la visión binocular. En la visión monocular, la percepción de profundidad se debe de diferencias perceptuales entre el observador y los objetos, mientras que el segundo caso se denomina *stereopsis* e incluye la utilización de la disparidad retiniana.

La profundidad en la visión monocular

Los factores empíricos que nos permiten percibir la profundidad en el primer caso puede ser *monoculares* y *oculomotores*. Es decir, factores que nos permiten distinguir la profundidad debido a la experiencia perceptual y factores que nos permiten distinguirla mediante el enfoque y la acomodación

¹²² ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

Factores monoculares

Los factores monoculares más comunes dependen de la comparación visual y son; el *tamaño aparente* que aparece de la comparación de tamaños conocidos. Como vimos nuestra visión distorsiona la realidad y vemos en forma de perspectiva. Según se retira un objeto se ve más pequeño. Para determinar esta distorsión en la distancia utilizamos la comparación de tamaño, por ejemplo cuando conocemos el tamaño del objeto y lo comparamos con su entorno, o cuando lo desconocemos y lo comparamos con un tamaño conocido que nos da su referencia. Por otro lado, está la *perspectiva aérea* que nos permite estimar la profundidad según se va azulando el objeto debido a las reflexiones que se producen en la atmósfera. La *perspectiva geométrica* también nos ayuda al establecer puntos de fuga. En función de cómo se sitúe el objeto en relación al punto de fuga nos puede ayudar a estimar su posición en la profundidad. La *altura relativa* también nos ayuda cuando tenemos como referencia la línea de tierra. En general, los objetos suspendidos por encima de la línea de tierra nos parecen más lejanos. Por otro lado, las *luces y sombras* son de gran ayuda, ya que nos dan una referencia de la situación. Por ejemplo la sombra de un objeto en el espacio al ser comparada con respecto a otros objetos nos da información de su situación y por ejemplo, un objeto que se ve más iluminado parece más cercano. Una de las comparaciones más interesantes es la de la *interposición o traslapeo*¹²³ en este caso el objeto que está más cerca tapa al que queda más alejado. En cualquier imagen de cualquier escena cotidiana existen multitud de interposiciones que nos permiten establecer sus posiciones relativas en la profundidad. Por último, también está el *paralaje del movimiento* que muestra cuánto más cerca está un objeto, tanto más cambia su dirección con respecto al observador al moverse en frente de este.

Los factores oculomotores

Los factores oculomotores básicamente son la *acomodación* y la *convergencia*. En la acomodación se producen diferencias entre zonas borrosas e zonas nítidas en las imágenes y estas diferencias nos ayudan a establecer diferentes profundidades. En general, lo más nítido se suele percibir como más cercano.

Por otro lado, mediante la convergencia se producen cambios en el estado de contracción de los músculos extrínsecos que nos dan también nociones de profundidad. Estas modificaciones se deben a los cambios de fijación de un punto a otro que implican cambios en el ángulo de convergencia en la visión.

La profundidad en la visión binocular

Los factores binoculares que proporcionan información de profundidad los clasificaremos en función de si el objeto no fijado se encuentra dentro o fuera del área de *panum*. El área de panum es un área de pequeño tamaño que se corresponde con el centro es la fovea del otro ojo.

Cuando el objeto no fijado cae fuera del área de panum estamos ante una diplopía fisiológica, es decir, la visión doble de dos imágenes de un único objeto. Las imágenes de las cuales estimulan puntos retinianos no correspondientes fuera del área de Panum. La diplopía nos aporta información de si los objetos se encuentran más alejados o más próximos que el punto de fijación. Sin embargo la magnitud de la diplopía da información del módulo de la distancia. A mayor separación entre las imágenes diplopicas, más grande es la distancia.

Cuando el objeto no fijado se encuentra dentro del área de panum, entonces estamos ante la disparidad de binocular. Esta pequeña diferencia entre estímulos dentro del área de panum es clave para que la estereopsis pueda llegar a proporcionar

¹²³ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

la percepción visual binocular del espacio tridimensional. La sensación de estereopsis con la fusión de la imagen visual en los procesos cerebrales.

La estereoscopia

Por lo tanto, la sensación de profundidad estereoscópica¹²⁴ que tenemos en condiciones normales es debida a que cada ojo recibe información del objeto desde una perspectiva diferente, presentando de esta forma dos imágenes ligeramente distintas (Figura 115). Esas pequeñas diferencias se procesan en el cerebro para calcular la distancia a la que se encuentran los objetos mediante el paralaje¹²⁵. El cálculo de las distancias sitúa los objetos que estamos viendo en el espacio tridimensional, obteniendo una sensación de profundidad y/o volumen.

LA ESTEREOCOPIA VISUAL



Figura 115

Por otro lado, las variaciones verticales no crean sensación de volumen. Solo las variaciones horizontales, producidas por la diferencia de ubicación de los ojos, originan sensación de profundidad.

La agudeza estereoscópica es la capacidad de discernir, mediante la estereopsis, detalles situados en planos diferentes y a una distancia mínima. Hay una distancia límite a partir de la cual no somos capaces de apreciar la separación de planos, y esta varía de unas personas a otras.

La estereoscopia se puede conseguir también mediante métodos artificiales produciendo imágenes en 3D. Existen proyectores y monitores que provocan estas sensaciones con el uso de unas gafas especiales, aunque la forma más sencilla es utilizar un método que utiliza dos fotografías gemelas tomadas con una pequeña separación entre ellas.

El uso de imágenes 3D para el análisis de la imagen visual puede ser muy interesante, aunque la mayoría de estudios se han realizado sobre imágenes planas.

5.3.1.6. El movimiento visual

Con la variación de la imagen visual en el tiempo aparece el movimiento. El movimiento puede aparecer porque los elementos que aparecen en la imagen visual varíen o se desplacen, o porque exista movimiento en el observador o en sus órganos visuales. La cuestión es que el proceso de la visión está en constante variación, nunca es totalmente constante como veremos.

¹²⁴ PERALES, F; ABÁSULO, M; SANSÓ, R. 2004. *Introducción a la estereoscopia* (TUCCIA: Unitat de Grafics i Visio.Dep. Matemàtiques e Informàtica, UIB)

¹²⁵ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

En torno a lo que depende del observador, el movimiento visual permite ampliar nuestro campo visual que como vimos es limitado. Por lo tanto, tenemos la posibilidad de movernos en el tiempo y de captar todo el entorno que nos rodea.

Las posibilidades son las siguientes: Mediante movimientos oculares sin mover el resto del cuerpo, moviendo los ojos junto con la rotación del cuello y por último al desplazarnos, girar y cambiar de postura.

Mediante los movimientos oculares nos encontramos dentro del campo visual estudiado hasta ahora. Con la rotación del cuello se amplía el campo visual en los dos sentidos hasta llegar a ser casi completo, dependiendo de las cualidades fisiológicas de cada persona. En el sentido horizontal es más común completar los 360°, sin embargo en el sentido vertical nos encontramos con los límites de nuestro propio cuerpo que impide abarcar la totalidad. Por último, al girar todo nuestro cuerpo hacemos que nuestro campo visual se total y además, al desplazarnos tenemos la posibilidad de encontrar una perspectiva mejor de lo que estamos observando.

Por otro lado, con la detección de la variación de la imagen visual cuando no variamos nuestra perspectiva detectamos el movimiento en la escena. En general, el cambio brusco de luz, de forma o de color en una zona de la imagen visual crea una llamada de atención al observador. Como vimos la zonas más externas de nuestro campo visual están preparadas para alertarnos de estos cambios que por lo general hace que nos giremos hacia ellas.

Las diferentes variaciones que puede sufrir una imagen visual las estudiaremos al analizar el movimiento en las cualidades de la imagen visual. El estudio de imágenes en movimiento debido al cambio en la escena nos permite analizar la variabilidad que puede llegar a sufrir esta, por lo que este estudio será imprescindible en nuestros análisis de la variabilidad de la escena urbana.

Por otro lado, percibimos movimiento incluso cuando no lo hay, como cuando nuestro sistema nervioso hace que percibamos movimiento al ver unas luces fijas que se apagan y se encienden una detrás de otra. También, percibimos movimiento cuando seguimos un objeto en movimiento, aun cuando su imagen permanezca en el mismo lugar de nuestras retinas. Nuestros propios movimientos y el movimiento de los objetos pueden ayudarnos a percibir con más precisión la forma de estos últimos y su localización en el espacio.

La percepción del movimiento depende a menudo de los heurísticos de la psicología de la Gestalt, o reglas generales que ofrecen la “*mejor predicción*” de lo que es un estímulo concreto, pero también del procesamiento arriba-abajo que se basa en factores cognitivos, como el conocimiento que un observador aporta a una situación concreta.

Cuatro formas de crear percepción de movimiento¹²⁶

1-Movimiento real. La forma más sencilla de crear una percepción de movimiento consiste en mover simplemente un objeto a través del campo visual de un observador. Esta situación recibe el nombre de real, puesto que el objeto se está moviendo físicamente.

Nuestra percepción del movimiento depende de la velocidad del estímulo en movimiento y también de su entorno.

2-Movimiento aparente. Es posible crear una percepción de movimiento, aun cuando en realidad dicho movimiento no exista.

Esta percepción de movimiento en un espacio vacío, que se conoce con el nombre de movimiento estroboscópico o movimiento aparente, se puso en práctica en la creación de las primeras películas cinematográficas de finales del siglo

¹²⁶ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

XIX y se usa ampliamente en los anuncios publicitarios o en los carteles luminosos de los lugares de ocio.

3-Movimiento inducido. El movimiento aparente es una ilusión porque percibimos movimiento, aún cuando los estímulos no se mueven. Por su parte, el movimiento inducido es una ilusión que se produce cuando el movimiento de un objeto provoca la percepción de movimiento en otro objeto. El movimiento inducido puede observarse, por ejemplo, en una noche con mucho viento, donde parece que la luna se desplaza rápidamente a través de las nubes.

También puede experimentar movimiento inducido en un coche. Por ejemplo, si está parado en un semáforo y, al mismo tiempo, el coche de al lado arranca, puede experimentar una forma de movimiento inducido llamado *vección*, en el que se tiene la sensación de que uno mismo también se mueve.

4-Posefecto de movimiento. Si se contempla una cascada o una corriente de agua y, cuando se retira la mirada, el suelo parece moverse en la dirección opuesta al movimiento de la cascada, se estará experimentando un *posefecto* de movimiento, que recibe el nombre ilusión de la cascada.

Los posefectos de movimiento también pueden producirse al contemplar otros tipos de movimiento, como una espiral que al girar, parece moverse hacia el interior. Cuando se retira la vista después de ver esta espiral moviéndose hacia dentro, las cosas parecen moverse hacia fuera. Es el posefecto de movimiento en espiral.

El movimiento no sólo puede determinarse a partir de las señales del sistema nervioso, sino por la forma en la que unas cosas se mueven en relación con otras en el entorno. J.J. Gibson (1979), que acuñó el término de *matriz óptica* para referirse a la estructura creada por las superficies, las texturas y los contornos del entorno.

El elemento más importante de la matriz óptica para nuestra explicación de la percepción del movimiento es la forma en la que ésta cambia cuando se mueve algo en el entorno. La naturaleza de los cambios de la matriz óptica ofrece información que nos ayuda a indicar si se está moviendo el observador o si, por el contrario, se están moviendo los objetos del entorno.

La perturbación local de la matriz óptica se produce cuando un objeto se mueve respecto al entorno y, en consecuencia, tapa y destapa alternativamente el fondo fijo. Esto corresponde a los fenómenos de “*eliminación*” y “*acrecientamiento*”.

El flujo óptico global se produce cuando todos los elementos de la matriz óptica se mueven, como ocurre cuando el observador se mueve por el contorno. Este movimiento del observador produce el movimiento de toda la matriz óptica-de ahí el término “*global*”- y este flujo global indica que es el observador el que se está moviendo y no el entorno.

El análisis de Gibson de la percepción del movimiento a partir de la matriz óptica es muy importante, pues muestra la forma en la que es posible analizar la percepción observando lo que ocurre “*ahí fuera*” en el entorno, sin tener en cuenta lo que ocurre en la retina. El movimiento puede contribuir a la organización perceptiva de diversas maneras. Por eso, en primer lugar, hablaremos de la forma en la que el movimiento puede hacer que diversos elementos se perciban como un todo.

-La organización de puntos en las luces andantes esta es la percepción del movimiento biológico

-Estructura a partir del movimiento: el efecto de la profundidad cinética.

La profundidad cinética, en el que el movimiento de la sombra bidimensional de un objeto puede cambiar la percepción de la sombra y convertirla en un objeto tridimensional.

-Captura del movimiento. Los pequeños elementos que están encerrados en una figura más grande parecen moverse con

la figura.

-Heurísticos del movimiento:

El heurístico “*el movimiento continúa en la misma dirección*”.

El heurístico de la oclusión; Una regla que afirma que un objeto en movimiento tapaná y destapaná el fondo y seguirá existiendo aun cuando se cubra dicho fondo.

El significado de un objeto influye en la percepción del movimiento.

El conocimiento sobre el cuerpo humano influye en la percepción del movimiento.

Los movimientos oculares

El ojo humano constantemente está muestreando una gran parte del campo visual, en concreto el campo periférico con una agudeza baja, y por otro lado, muestrea con una agudeza alta la parte del campo visual central. Los movimientos oculares cambian constante y continuamente el emplazamiento de esta zona de alta agudeza de modo que se logre una visión nítida en un amplio ángulo.

Existen diferentes tipos de movimiento ocular voluntarios como los de *convergencia*, los de *seguimiento* y los *sacádicos*¹²⁷. Los movimientos de seguimiento y convergencia son suaves y continuos mientras que los movimientos sacádicos son súbitos, cambiando intermitentemente la posición del ojo.

Los movimientos de convergencia son los movimientos que realizan ambos ojos para asegurarse de que la imagen del objeto se vea en su lugar correspondiente en ambas retinas. Este tipo de movimiento nos sirve en la estimación de la profundidad de los objetos. Por otro lado, los movimientos de seguimiento o de *persecución Smooth* son los movimientos que hacen los ojos mantengan el seguimiento de un objeto en movimiento, de tal forma que la imagen del objeto en movimiento se mantiene en la fovea o zona central del ojo.

También, están los movimientos sacádicos, que son movimientos trepidación aleatorio rápido, y que aparecen incluso cuando estamos atendiendo con un punto concreto. Estos movimientos están causados por el funcionamiento de los fotorreceptores y las células ganglionares. Con el cambio de estímulos estos elementos se encuentran en constante funcionamiento haciendo la imagen más clara, si los estímulos no cambian estos pueden dejar de responder.

Podemos definir las *sácada* como el movimiento corto y rápido de los ojos que se utiliza durante la exploración de una escena visual aunque no somos conscientes de ellos (Figura 116). Durante cada sácada los ojos se mueven tan rápido como sea posible y la velocidad no se puede controlar conscientemente entre las paradas. Estos movimientos se desplazan entre 5° y 10° sexagesimales, sobre el estímulo durante unos 25-40 *mseg*. En esta fase, no se extrae información del estímulo, ya que a cada sácada o sacudida brusca le sigue una fijación ocular donde tiene lugar la extracción de información. En la fijación los ojos permanecen casi estáticos durante 250 *mseg*.

¹²⁷ GILA, L; VILLANUEVA, A; CABEZA. R. 2009. *Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares* (An. Sist. Sanit. Navar. 2009, Vol. 32, Suplemento 3) Pág.9-26

REGISTRO DE MOVIMIENTOS OCULARES SOBRE UNA IMAGEN

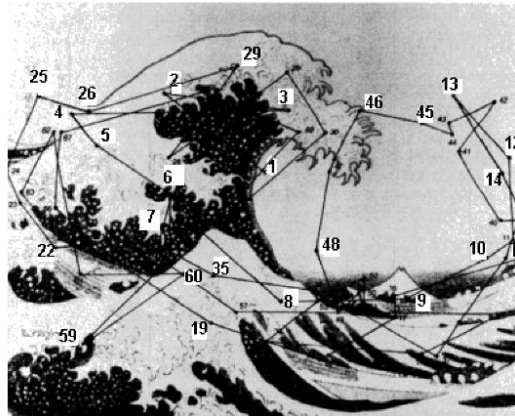


Figura 116

Una vez que el objeto ha sido fijado, los otros movimientos pueden entrar en acción. Si se mueve el objeto observado o si se mueve el observador actúa el movimiento de *seguimiento* manteniéndolo en la visión foveal. Si cambia la distancia del objeto respecto al observador entonces son los movimientos de *convergencia* los que mantienen fijado el objeto.

La distancia y la mezcla óptica

La mezcla óptica aparece cuando nuestra visión no es capaz de detectar dos o más estímulos de luz adyacentes en la imagen visual obteniendo como resultado la mezcla física aditiva de estas luces. Esta situación está totalmente relacionada con la distancia, el tamaño y la velocidad, ya que aparece cuando los objetos observados están muy lejos, cuando son muy pequeños aun estando cerca o cuando se mueven a gran velocidad. Cuando no se debe al movimiento, esta mezcla depende de la capacidad visual del observador o agudeza. La agudeza visual de una persona queda determinada por el ángulo visual¹²⁸ en el cual es capaz de distinguir una figura (Figura 117). Por lo tanto, dependerá del tamaño relativo de los objetos observados sobre nuestra imagen visual, de tal forma que cuando son más pequeños de este ángulo visual en nuestra imagen visual aparece esta mezcla.

LA AGUDEZA VISUAL

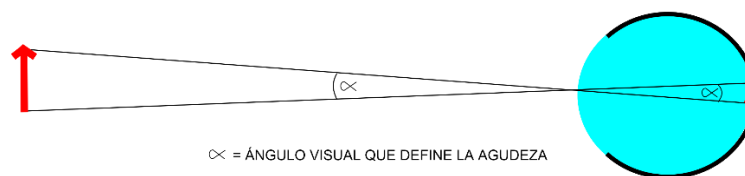


Figura 117

Por otro lado, cuando los estímulos no pueden ser distinguidos porque se encuentran en movimiento rápido, el proceso que aparece es una mezcla óptica temporal, por ejemplo en el color percibido de un disco de colores girando rápidamente.

Aunque los colores de los estímulos de la luz siguen las reglas de la mezcla aditiva, la mayoría de ejemplos de mezcla óptica difieren de la mezcla física de luces, ya que la luz proveniente de los objetos por reflexión difusa que es vista

¹²⁸ VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)

como una propiedad del objeto, más que como una luz independiente¹²⁹. Cuando la luz es reflejada desde objetos impresos o pintados en forma de puntos ligeramente separados, la mezcla aditiva se entiende como una clase particular de mezcla conocida como *síntesis media color-estimulo*. Estas mezclas de adición media observadas bajo circunstancias normales no pueden aparecer como un blanco o como colores brillantes debido a que la luz reflejada se establece como la media sobre el área del objeto en lugar de ser simplemente adicionada. Por lo tanto, el resultado se acerca más a una mezcla sustractiva pero sin pérdida de intensidad.

Por lo tanto, cuando se mezclan dos colores visualmente el resultado es similar al de mezclar los dos pigmentos de esos colores, la única diferencia es que cuando se mezclan los pigmentos de esos colores pierden parte de su intensidad, algo que no pasa con la mezcla óptica que parece más brillante. La mezcla también aparece con blancos y negros, utilizándose mucho como degradados pictóricos. Al cambiar la escala de una misma textura podemos comprobar como gradualmente va apareciendo esta mezcla (Figura 118).

LA MEZCLA OPTICA AL REDICIR PROGRESIVAMENTE LA ESCALA A LA MITAD

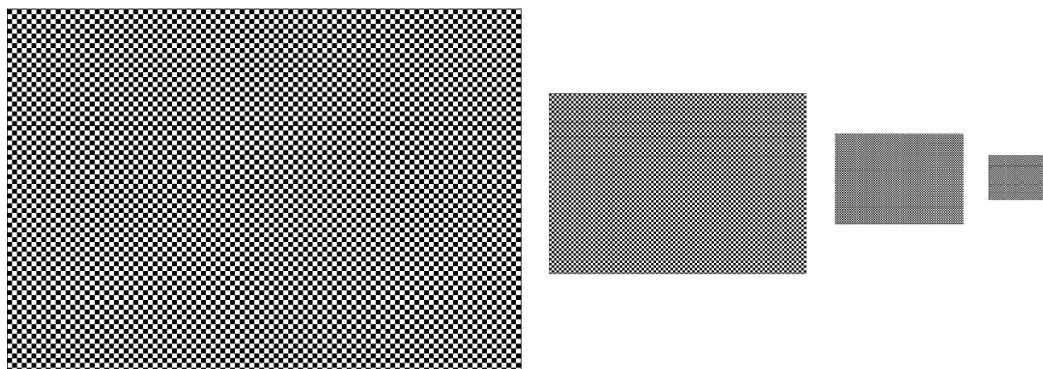


Figura 118

En general, muchos tipos de impresiones como revistas y comics utilizan esta técnica en sus impresiones. La mezcla óptica fue puesta en práctica por los impresionistas y los post-impresionistas, siendo el mejor ejemplo los trabajos del puntillismo de Seurat (Figura 119) quien mediante la pintura de pequeños puntos de diferentes colores unos junto a otros, consiguió la percepción de diferentes escenas pictóricas¹³⁰.

¹²⁹ BRIGGS, David. J.C. 2014. *Dimensions of colour* (Australia.Sydney: Julian Ashton Art School and National Art School, Chairperson, NSW Division, Colour Society of Australia. Website: <http://www.huevaluechroma.com/index.php>)

¹³⁰ GOMBRICH, E.H. 2003. *La historia del arte*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate). Pág.544-545. Georges Seurat. *El puente de Courbevoie*, 1886-1887. Oleo sobre lienzo, 46,4x55,3cm. Galerías del instituto COURTAULD, Londres.

EL PUNTILLISMO COMO EJEMPLO DE MEZCLA OPTICA

*Figura 119*

Por lo tanto, es nuestra imagen visual todo lo que sea menor de un tamaño que depende de nuestra agudeza visual y de nuestras capacidades visuales será mezclado de forma óptica y perderemos o no nos llegaran sus cualidades de forma y de textura como veremos más adelante. De igual forma, cuando un objeto se mueva con una velocidad mayor que la que pueda seguir nuestro sistema visual también será mezclado.

5.3.2. LAS CUALIDADES DE LA IMAGEN VISUALES

En el tema anterior explicamos cómo se define la imagen visual a través de nuestros órganos sensoriales. Ahora vamos a estudiar las diferentes cualidades que poseen las imágenes visuales, que nos permiten reconocer e interactuar con el medio que nos rodea.

5.3.2.1. La creación de sensaciones visuales

En el estudio de la imagen visual humana hemos visto: que esta se desarrolla a lo largo y ancho de nuestro campo visual, que nos permite distinguir diferentes franjas de longitudes de onda, que también nos permite percibir la profundidad, y que es continua y dinámica en la dimensión temporal, debido a la interacción de los elementos *genéticos*. Estas interacciones ofrecen a nuestra imagen visual unas cualidades diversas que se nos muestran en forma de sensaciones, tal y como comenta Fernanda García Gil¹³¹; “*En la interrelación de todos ellos, vienen a configurarse los conceptos resultantes de la conciencia que en principio son sensaciones de color, forma y textura*”.

Por lo tanto, la información que obtenemos de nuestra imagen visual se convierte en sensación de la siguiente forma:

- Las combinaciones de las diferentes longitudes de onda junto con sus diferentes intensidades nos dan la sensación de *color*.
- La distribución de las diferentes combinaciones lumínicas (colores) a lo largo y ancho de nuestro campo visual nos dan la sensación de *forma*.
- La estereoscopia junto con la información oculomotora y otras apreciaciones perceptuales nos dan la sensación de *profundidad espacial y tridimensionalidad visual*.
- La variación continua de la forma y el color en el tiempo sobre nuestra imagen visual nos da la sensación de *movimiento*.

En cuanto, a la sensación de forma se puede estudiar desde el punto de vista de la forma bidimensional o como de la forma tridimensional. La profundidad es una cualidad visual que otorga el carácter tridimensional a la forma.

Por otro lado, aunque separemos estas cualidades conceptualmente para su estudio y análisis debemos de tener muy claro que las sensaciones de color, forma, profundidad y movimiento, todas actúan conjuntamente y al unísono en nuestros procesos sensoriales y perceptivos sobre lo que denominamos imagen visual. Es decir vemos todo de forma conjunta e interaccionada y estas interacciones son las responsables de ofrecer un carácter singular a cada imagen visual. Caivano¹³² comenta; *Si bien el análisis de cada una de estas cinco categorías (color, forma, profundidad, textura y movimiento) puede hacerse por separado, esto no quiere decir que ellas se den de esta manera fragmentaria en una organización visual. Por lo menos cuatro de estos elementos (pudiendo excluirse el movimiento en algunos casos) están presentes indisolublemente en toda percepción visual.*

Por lo tanto, a continuación vamos a estudiar cada una de estas cualidades sensoriales visuales, ya que son las responsables de transmitirnos la información visual.

¹³¹ GARCÍA GIL, Fernanda; PEÑA MÉNDEZ, Miguel (Coordinadores del G.I). 2003. *Escenografía y Artes Plásticas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo: *RESIGNIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PLÁSTICOS EN LA INSTALACIÓN*
 Autora: Fernanda García Gil

¹³² CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

5.3.2.2. Dimensionalidad de las cualidades visuales

Las cualidades de la imagen visual son todas aquellas que nos aportan las sensaciones visuales. Estas cualidades son procesadas con el objeto de adquirir la información visual que necesitamos para desenvolvernó en nuestro entorno próximo.

Como hemos visto la imagen visual abarca todas las dimensiones en las que se desenvuelve el ser humano, es decir la tridimensionalidad espacial (3D) y la *dimensionalidad* temporal de un solo sentido (t). Por lo tanto, sus cualidades en función de la *dimensionalidad* se clasifican de la siguiente manera:

Espaciales:

- Unidimensional

- El *color* monocromático

- Bidimensional

- La *forma superficial*

- Tridimensional

- La *forma tridimensional* y el *espacio* que lo circunda.

Temporal:

- Cambio de la imagen en el tiempo, es decir *el movimiento*.

La luz que llega a nuestros ojos como hemos visto es absorbida creando sensaciones en lo que hemos denominado imagen visual. Al pertenecer las imágenes visuales a la experiencia personal de cada sujeto tienen un carácter subjetivo. Sin embargo, la misma imagen visual experimentada por dos sujetos es análoga sensorialmente y su diferencia se establece exclusivamente por la diferencia que pueda existir entre sus órganos receptores. Podemos relacionarnos e interactuar entre diferentes individuos y con diferentes objetos por esta razón, si la información sensorial fuera diferente de unos sujetos respecto de otros, entonces esto no sería posible. Por lo tanto, dos personas con las mismas cualidades de recepción sensorial experimentan sensaciones análogas sobre la misma imagen visual aunque evidentemente su percepción pueda ser totalmente diferente.

5.3.2.3. El marco y los ejes de referencia

Como vimos, la forma de nuestro marco visual queda definida por nuestro campo visual, aunque debido al enfoque y al descenso de la sensibilidad que se produce según nos retiramos de este, no solemos detectar sus límites de forma definida. Igualmente vimos que la imagen binocular adquiere una dimensión horizontal de mayor amplitud que la dimensión vertical, que se referencian a los ejes del cuerpo humano erguido.

De esta forma, la imagen visual nos ofrece unas referencias sobre la verticalidad y la de la horizontalidad en el espacio. Dado que nuestra imagen visual se establece predominantemente cuando tenemos la cabeza posicionada de forma vertical, el eje vertical será aquel definido por la dirección de la fuerza de la gravedad, mientras que el eje horizontal será

aquel perpendicular a este formado, es decir por la línea que une nuestros ojos. No obstante nuestros ejes de referencia pueden formarse por cualquier referencia formal que coincida con estos ejes (Figura 120). Como nuestra imagen visual es muy variable, en ocasiones el eje horizontal coincidirá con la línea de tierra o con la del mar pero en otras ocasiones no será así, de igual forma el tronco de un árbol o un paramento de un edificio puede servirnos de referencia vertical.

EJES VISUALES Y REFERENCIAS

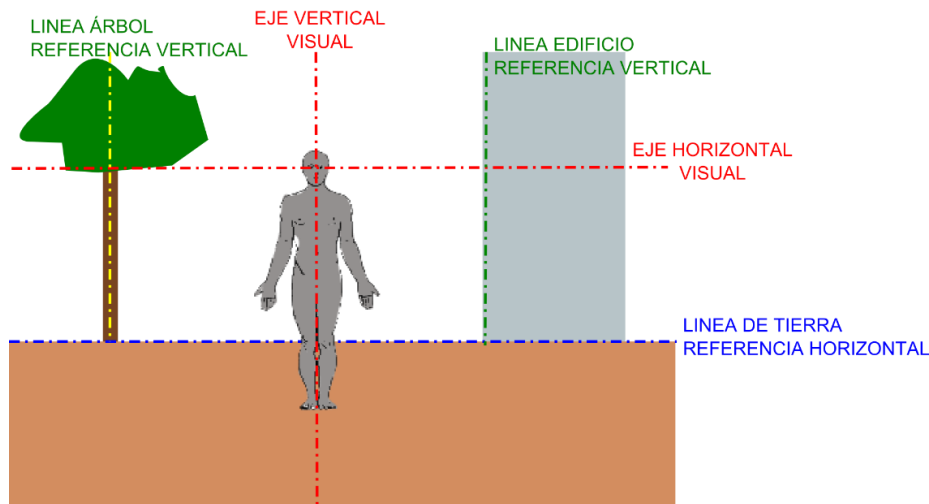


Figura 120

En el caso de variar la posición natural de nuestra imagen visual, por ejemplo si observamos una figura mirando hacia abajo, entonces los ejes que definen la imagen pasan a ser exclusivamente horizontales y debemos entender que el eje vertical en este caso se dirige en la misma dirección que nuestra mirada.

Nuestros cuerpos, a pesar de teóricamente tener como todo objeto material en el espacio seis grados de libertad. Es decir, podemos desplazarnos verticalmente aunque sea unos segundos e incluso podemos ver gimnastas que giran sus cuerpos en el espacio en las tres direcciones, pero lo normal es estar ligados como un objeto bidimensional en el plano, es decir con la posibilidad de desplazamiento en dos direcciones sobre el plano y el giro, en total tres grados de libertad. La fuerza de la gravedad nos mantiene unidos a la tierra y nos desplazamos y giramos horizontalmente por el suelo, siendo este nuestro plano horizontal. Evidentemente el suelo no siempre es horizontal, aunque ante una situación de inclinación o desequilibrio nuestros ejes se mantienen estables debido al efecto de la gravedad sobre nuestros cuerpos y las sensaciones que provoca. En general el eje horizontal puede establecerse por cualquier delimitación recta insertada en un plano horizontal.

Debido a estas cualidades, nuestro sentido de la profundidad se desarrolla principalmente en este plano. Así, la lejanía y la cercanía se establecen sobre este plano. Podemos sentir la profundidad al mirar hacia arriba desde el suelo en un rascacielos o al revés desde lo más alto de un rascacielos hacia abajo, pero esto no es lo más usual, ya que en estos casos cambian las referencias habituales de nuestra imagen visual.

Por lo tanto, cualquier elemento plano paralelo a nuestras referencias visuales se verá proporcionado y plano, mientras que cualquier elemento perteneciente a otro tipo de plano se ve en distorsionado en perspectiva cónica y en profundidad, como veremos más adelante.

5.3.3. LA SENSACIÓN DE COLOR

La sensación de color solo ocurre en nuestro cerebro¹³³. Fuera existen una serie de interacciones físicas y energéticas, que entre otras respuestas dan reacciones lumínicas. Esta energía luminosa al conectar con nuestros órganos visuales en un punto es convertida en nuestro cerebro en una sensación de color.

Por lo tanto, los colores son informaciones transformadas de la luz que proviene de los objetos que nos rodean y forman nuestro entorno físico. Esto hecho es posible debido a la evolución del hombre sobre la tierra, donde la luz del sol ha sido el germen de la vida y de su existencia.

Así, las sensaciones de azul, de rojo o de amarillo son creaciones mentales que solo están en nuestro cerebro y en ningún sitio más, ya que fuera solo son una serie de flujos energéticos más (Figura 121).

LA SENSACIÓN DE COLOR SOLO ESTÁ EN NUESTRO CEREBRO



Figura 121

Cada combinación de longitudes de onda visibles con su intensidad correspondiente nos da la sensación de un color. Esto lo podemos comprobar mediante un espectro de reflectancia¹³⁴, sabiendo que nuestra sensibilidad a las diferentes longitudes de onda no es homogénea.

El color nos llega de la luz que proviene de diferentes objetos materiales, por lo tanto es signo cualitativo de estos. El color que vemos en los objetos materiales es debido mayormente la luz que estos reflejan de forma difusa. En menor medida, podemos ver un color de un objeto porque este sea un foco emisor como en el caso de un monitor, o por otro lado, podemos ver en un objeto colores que no son suyos, como es el caso de un espejo por reflexión especular o en un vidrio donde se produce transmisión, en este caso los colores que se perciben pertenecen a la reflexión difusa de otros objetos.

La sensación de color suele ser un signo superficial superficial, es decir la que nos transmite información de las diferentes superficies de los objetos, sin embargo en objetos tridimensionales con cierto grado de translucidez y transparencia podemos experimentar el color en su profundidad.

Por lo tanto, si mostramos de forma resumida lo que sucede para que percibamos un color, sería lo siguiente; lo normal es

¹³³ SANZ, Juan Carlos. 1993. *El libro del color*. (Madrid: Alianza Editorial- Arte)

¹³⁴ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

que exista un foco emisor de luz que emita luz con diferentes intensidades para diferentes longitudes de onda y que la luz emitida por dicho foco interactúe con la superficie de un material dando una respuesta, por ejemplo una reflexión difusa, en la cual parte de la franja lumínica es absorbida y parte es reflejada en forma difusa, al ser difundida por todas direcciones la luz pierde intensidad al repartirse. Luego la luz reflejada con esas condiciones concretas llega a nuestros ojos, junto con otras luces provenientes de otros puntos de nuestro campo visual, y es absorbida atendiendo a la sensibilidad de nuestros tres tipos de conos receptores del color. Los conos recogen toda esta información lumínica y la transmiten codificada mediante varios procesos sinápticos y es procesada, apareciendo la sensación color en nuestro cerebro. Por último, junto con la sensación de color si ha existido una atención consciente, entonces aparece una respuesta perceptual subjetiva provocando una respuesta emocional.

El metamerismo

Esta palabra proviene de un término químico, y es el fenómeno por el cual dos estímulos espectrales diferentes coinciden visualmente para un observador dado¹³⁵. Es decir ante dos estímulos diferentes podemos ver el mismo color y esta es la base de la colorimetría. Igualar sensaciones de color mediante el metamerismo.

5.3.3.1. Colores relacionados y colores no relacionados

Aunque al hablar de un color lo separamos del resto de colores y trabajamos con él como si fuera una cualidad autónoma e independiente, no solemos ver un color solo en nuestra imagen visual. Es decir, tenemos que provocar dicha situación, ya que lo normal es que en nuestra imagen visual aparezcan siempre varios colores. Podemos dividir el estudio del color en dos categorías¹³⁶:

- **Color no relacionado;** Aparece cuando la luz coloreada interactúa con nuestro sistema visual directamente. En este caso, el color percibido pertenece a un área vista de forma aislada respecto de otros colores (CIE 17.4). De esta forma, el cambio de iluminación, del objeto o del observador hace que cambie la sensación de dicho color.
- **Colores relacionados;** Aparecen cuando la luz coloreada es producida por la interacción de una fuente de luz con un material. Aquí el color percibido pertenece a un área vista en relación con otros colores que aparecen junto a él en la imagen visual (CIE 17.4). En este caso, al existir interacción la sensación de color cobra más constancia.

Evidentemente en el estudio de la imagen visual, nos interesa como se ven los colores cuando interactúan con otros. Por lo tanto nos interesa estudiar los colores relacionados. No obstante, en colorimetría es habitual estudiar el color de forma no relacionada y por lo tanto, estudiaremos el color desde las dos perspectivas.

5.3.3.2. Cualidades perceptuales del color

En primer lugar, vamos a mostrar la definición del concepto de *color percibido*¹³⁷ según se entiende en colorimetría;

¹³⁵ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

¹³⁶ ARTIGAS, J. M.; CAPILLA, P.; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Tecnología del color*. (Valencia: Universitat de Valencia).

¹³⁷ COMITE ESPAÑOL DE COLOR. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ÓPTICA. 2002. *Vocabulario del Color* (Website: www.sedoptica.es/SEDO/color/docs/.../vocabulario-del-color.pdf)

Atributo de la percepción visual que se compone de una combinación cualquiera de elementos cromáticos y acromáticos. Este atributo puede ser descrito por nombres de colores cromáticos tales como amarillo, naranja, marrón, rojo, rosa, verde, azul, púrpura, etc., o por nombres de colores acromáticos tales como blanco, gris, negro, etc., modificados por los adjetivos que refuerzan el sentido tales como luminoso, apagado, claro, oscuro, etc., o por combinaciones de tales nombres y adjetivos.

Sensorialmente podemos distinguir tres cualidades en un color. Estas son la *luminosidad*, el *tono* y el *croma*¹³⁸. (Figura 122). Estas cualidades también se denominan coordenadas del color, ya que sirven para determinar cada color en un espacio del color tridimensional.

CUALIDADES SENSORIALES DE UN COLOR EN UN ESPACIO TRIDIMENSIONAL

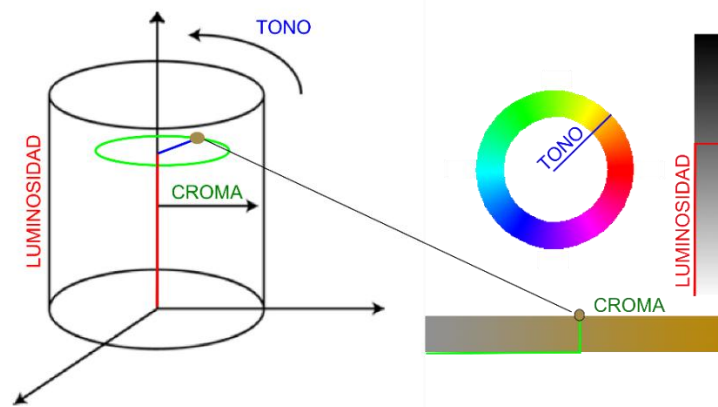


Figura 122

De forma sencilla, podemos decir que el tono atiende a las diferentes longitudes de onda, la luminosidad atiende a la cantidad de luz que transmite cada color y el croma atiende a las diferentes distribuciones lumínicas que se pueden adoptar para un mismo tono y luminosidad.

¹³⁸ BRIGGS, David. J.C. 2014. *Dimensions of colour* (Australia.Sydney: Julian Ashton Art School and National Art School, Chairperson, NSW Division, Colour Society of Australia. Website: <http://www.huevaluechroma.com/index.php>)

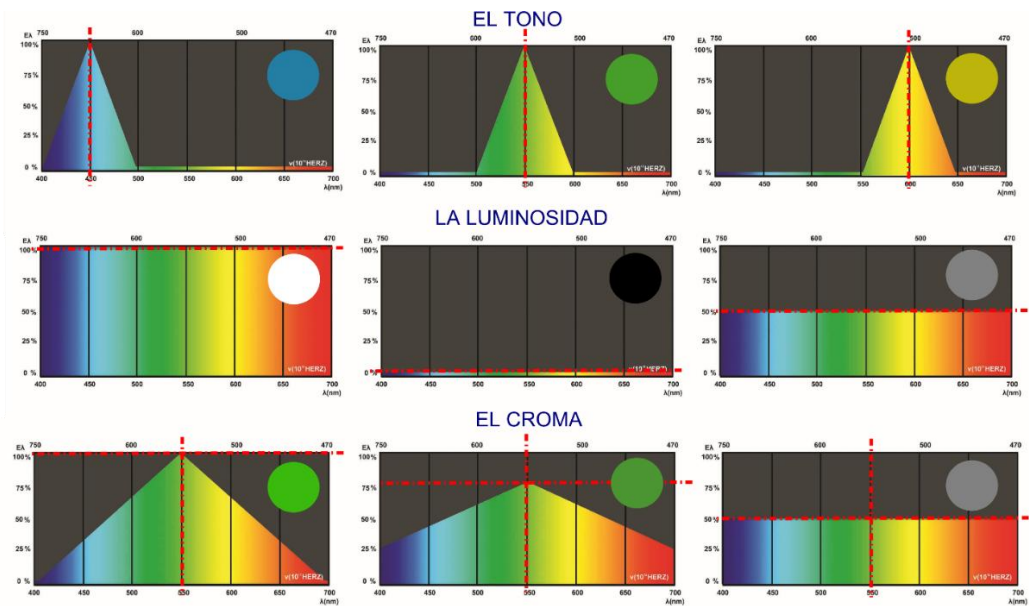


Figura 123

Podemos ejemplificar estos conceptos suponiendo que nuestra visión fuera homogénea a las diferentes longitudes y que pudiéramos manejar los espectros de reflectancias a nuestro antojo. Sobre los diferentes espectros de reflectancia, los tonos se corresponderían con la posición del eje de cada espectro en el eje de las longitudes de onda es decir con la onda predominante, las luminosidades se corresponderían con la cantidad de superficie ocupada por cada espectro y el croma se correspondería con las diferentes disposiciones que se pudieran adoptar para una posición fija en el eje de las longitudes de onda y una cantidad de superficie invariable (Figura 123).

El tono

El tono es un concepto que también atiende a los nombres de *hue*, *tinte* o *matiz*. El tono responde a cada una de las frecuencias del espectro de la luz visible, desde el rojo al púrpura. También se define como; el atributo de la percepción visual de acuerdo al área que parece ser similar a uno de los siguientes colores; rojo, amarillo, verde o azul, o a una combinación adyacente a una pareja de estos colores considerado en un anillo cerrado¹³⁹. Por lo tanto, el tono es la propia cualidad que tiene un color y que nos permite distinguir uno de otro, nombrarlos y designarlos. Los tonos básicos que dan nombre a los colores son: Rojo, Amarillo, Verde, Azul, Naranja, Púrpura, Rosa y Marrón. A parte de estos tonos también están los colores atonales o acromáticos: Blanco, Gris y Negro, los cuales no pertenecen a ningún tono en concreto. Así que, cuando hablamos, por ejemplo, de un color verde, en realidad sólo estamos definiendo una de sus cualidades, la del tono.

El tono de un color se corresponde con la longitud de onda dominante en el espectro de radiación de luz visible. Por ejemplo, un color verde real incorpora un poco de radiación en todas las frecuencias visibles pero con predominancia en el verde de 525nm aproximadamente, tal y como podemos observar en la imagen (Figura 123).

¹³⁹ CIE 17.4 1987. *International Lighting Vocabulary* (4th ed. Joint Publication IEC /CIE)

Los diferentes tonos se pueden representar de forma lineal como se muestran en el espectro visible o de forma circular, donde sus interacciones recorren todas las frecuencias del espectro visibles llegando a cerrar de forma circular, con la inserción de los colores púrpura y violeta, no espectrales, entre el rojo y el azul (Figura 124).

EL TONO EXPRESADO EN FORMA LINEAL Y EN FORMA CIRCULAR

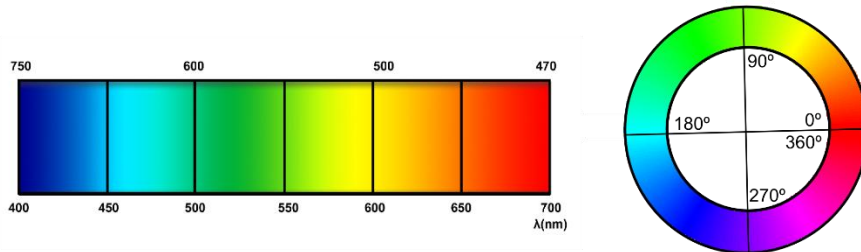


Figura 124

Existen diferentes modelos que ordenan los tonos de forma circular, no obstante no todos atienden a una disposición homogénea atendiendo a la percepción humana. Generalmente, se establece de acuerdo con el criterio utilizado para colocar las tonalidades opuestas entre sí¹⁴⁰. Los sistemas se establecen en función de diferentes criterios de ordenación y algunas veces utilizan varios a la vez (Figura 125):

DIFERENTES ESTRUCTURAS DE ORDEN DE LOS TONOS

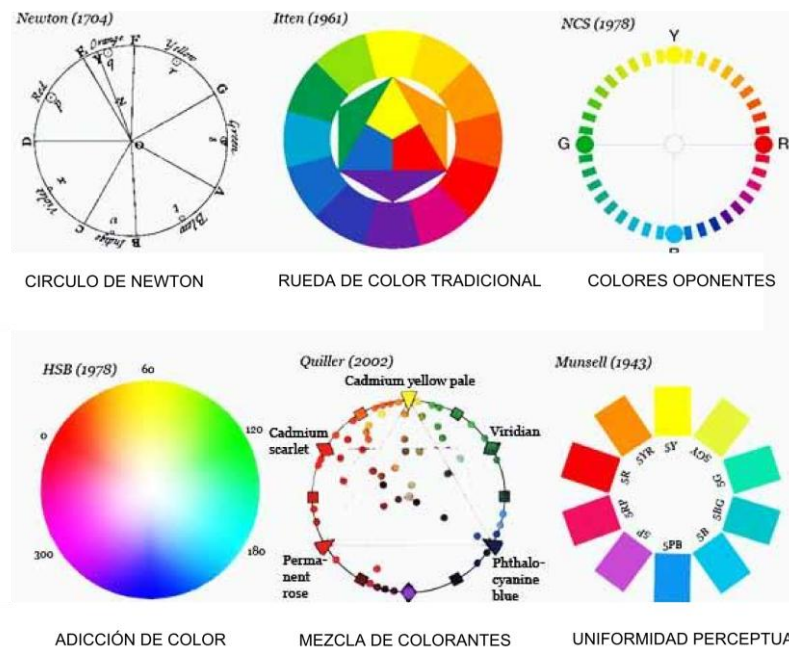


Figura 125

- Sistemas de Tono basados en complementarios aditivos: Se establecen según se oponen matices de luces que cuando se

¹⁴⁰ BRIGGS, David. J.C. 2014. *Dimensions of colour* (Australia.Sydney: Julian Ashton Art School and National Art School, Chairperson, NSW Division, Colour Society of Australia. Website: <http://www.huevaluechroma.com/index.php>)

mezclan hacen que la luz se vea blanca. Incluyen sistemas de Newton, Helmholtz, Rood y Ostwald, y el sistema CIE $L^* u^* v^*$. Los pares de opuestos de matiz están familiarizados con muchos de los principales ejes de matiz en el sistema HSB utilizado en los programas de gráficos: cian digital magenta verde rojo-digital, y amarillo-azul, por lo tanto son buenos para crear armonías.

- Sistemas de Tono basados en los primarios históricos: Se organizan alrededor de los pares complementarios convencionales rojo-verde, naranja-azul y amarillo- púrpura. Existen numerosos ejemplos de la llamada "rueda de colores de los artistas", que todavía se enseña hoy en los cursos de teoría del color del siglo 18 al 21. Estos sistemas de matiz reflejan la confusión histórica de las relaciones de colorante-mezclado y oponente.

- Sistemas de Tono basados en relaciones de tono oponente: Se organizan alrededor de los pares de tono oponente rojo-verde y amarillo-azul, e incluyen varios ejemplos históricos y el sistema NCS. Contrariamente a lo que uno podría esperar, los tonos no son equidistantes perceptualmente en estos sistemas.

- Sistemas de Tono basados en complementarios-mezclando colorante: Se establecen según se oponen tonalidades de las pinturas o tintes que hacen que un gris neutro o negro cuando se mezcla. Estos se organizan generalmente en torno a las elecciones primarias colorante de mezclas óptimas y sus complementarios.

- Sistemas de Tono basado en separación uniforme perceptualmente: Se establecen según se oponen los tonos que están separados por un número igual de pasos de percepción en cualquier dirección alrededor del círculo tonalidad. Estos incluyen el sistema de Munsell y el sistema CIE $L^* a^* b^*$.

La luminosidad

La luminosidad se conoce también como *lightness*, *value*, *valor* o *claridad*. La luminosidad define el grado de claridad u oscuridad de un color, es decir la cantidad de luz que transmite un color. Su definición lo describe como el atributo por el cual un color percibido es juzgado para ser equivalente a uno de una serie de grises que van desde el negro al blanco (ASTM E 284). Por lo tanto, la luminosidad se corresponde con la cantidad de área que ocupa dicho color en el espectro de reflectancia (Figura 123). La totalidad del área ocupada se correspondería teóricamente con un blanco puro con un 100% de luminosidad, por el contrario la totalidad del área vacía se correspondería teóricamente con un negro puro con un 0% de luminosidad. La mitad del área ocupada tendría una luminosidad del 50%.

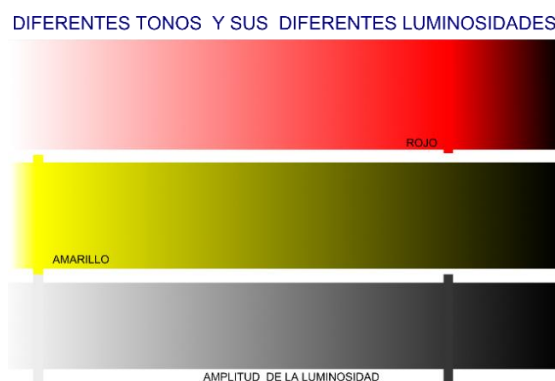


Figura 126

Cada tono puro tiene una luminosidad propia. Un tono puede tener más luminosidad si se encuentra más cerca del blanco o menos si se acerca al negro. En el ejemplo podemos ver como es totalmente diferente la luminosidad de un amarillo puro a la de un rojo puro (Figura 126).

La CIE¹⁴¹ define la luminosidad como la sensación que produce el brillo de una determinada área relativa a un blanco de referencia dentro de una misma escena. Si la escala de luminancia se modifica para que el resultado represente lo que percibimos en lugar de la intensidad física, tendremos lo que llamamos luminosidad. La CIE define la luminancia como una especie de promedio de la potencia lumínica ponderado por la sensibilidad de la visión. Por lo tanto, la respuesta perceptual de luminancia es la *Luminosidad* (5.3.3.2↔6.2.2) y es denotado L^* y se define por la CIE como una raíz cúbica modificada de luminancia:

$$L^* = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \text{para } Y/Y_n > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \cdot Y/Y_n \quad \text{para } Y/Y_n \leq 0.008856$$

Donde; Y es la luminancia relativa (como se ha definido en la ecuación 2), y Y_n es la luminancia del blanco de referencia. Si normalizamos la luminancia al blanco de referencia entonces no necesitaríamos calcular la fracción. La definición CIE aplica un segmento lineal con una pendiente de 903,3 cerca de negro, para $(Y/Y_n) \leq 0.008856$. El segmento lineal es insignificante a efectos prácticos, pero si no lo utilizamos, nos tenemos que asegurar de que se limita L^* a cero. L^* tiene un rango de 0 a 100, y un "delta L^* " de la unidad que se considera que es más o menos el umbral de visibilidad. Dicho de otra manera, la percepción luminosidad es aproximadamente logarítmica.

Por lo tanto, la visión humana tiene una respuesta perceptual no lineal la luminosidad (Figura 127). Por ejemplo, una fuente que tiene una luminancia de sólo el 18% sobre una luminancia de referencia blanca (Y/Y_n), nos parece la mitad de luminosa (50%). Se puede decir que un observador puede detectar una diferencia de intensidad entre dos manchas cuando sus intensidades difieren en más de uno por ciento aproximadamente.

RESPUESTA PERCEPTUAL A LA LUMINOSIDAD

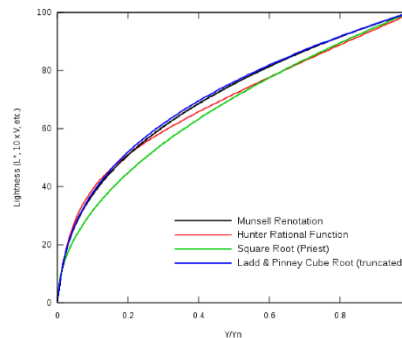


Figura 127

Por otro lado, según la CIE, el *brillo* es la sensación humana por la cual un área exhibe más o menos luz. Este término, muy usado en la vida cotidiana al hablar del color, no tiene sin embargo una utilidad técnica, ya que su significado y empleo encierran un conjunto tan amplio de nociones que sería muy complejo tratar objetivamente.

El croma (La saturación)

El croma es un concepto que también atiende a los nombres de *chroma*, *intensidad* o *pureza*. El croma se puede definir

¹⁴¹ CIE 17.4 1987. *International Lighting Vocabulary* (4th ed. Joint Publication IEC /CIE)

como la intensidad cromática o la pureza de un color. Su definición establece el croma como el atributo de un color usado para indicar el grado de separación del color a un gris con la misma luminosidad (*ASTM E 284*).

Cuando un color pertenece al círculo cromático se dice que está saturado al máximo o que posee un 100% de saturación, de esta forma tiene el máximo poder de coloración. Cuando un color pertenece a la gama de grises se dice que está saturado al mínimo, que no tiene saturación o que posee una saturación del 0 %. Por lo tanto, un color cuando se acerca a su tono puro se está saturando y según lo va perdiendo y haciéndose más grisáceo se va desaturando.

Aunque croma y saturación son términos muy parecidos, no son conceptos idénticos por lo que pasamos a establecer la diferencia entre ambos: El croma se ordena desde el tono con intensidad máxima hasta el gris de ese mismo tono, en una progresión uniforme (Figura 128). Sin embargo, también podemos crear una ordenación desde el color saturado hasta el negro puro con una progresión uniforme en lo que sería una serie de sombras (*Shadows Serie*)¹⁴².



Figura 128

Esta última organización en función de la saturación corresponde con una diagonal en un espacio tridimensional, desde el negro abajo hasta el color totalmente saturado con más luminosidad. Por lo tanto, si establecemos la tercera coordenada en función de relación croma/luminosidad (C/L) entonces, el espacio adquiere una estructura de forma cónica tridimensional. Por lo tanto, esta relación es la que define la saturación que no es otra cosa que una forma diferente de organización del color.

Dado que la saturación se define como $S = C/L$, se puede interpretar como la expresión de una recta diagonal sobre los ejes $x = \text{chroma (C)}$ e $y = \text{lightnes (L)}$ es decir; $y = mx + n$, donde m es la pendiente de la recta y n el desplazamiento sobre el origen.

Por otro lado, $n=0$, ya que la diagonal parte de 0 lightness y 0 chroma, entonces; $y = mx$; entonces, $m = y/x$. Si, $S = C/L$, es decir $S = x/y$ entonces $S = 1/(y/x)$. Por lo tanto, $S = 1/m$, lo que implica que la saturación es la inversa de la pendiente de la función. Según decrece la pendiente la saturación aumenta. Según aumenta el ángulo aumenta la saturación. En el ejemplo (Figura 129) podemos ver la diferencia entre variación de Croma y variación de Saturación para una luminosidad constante.

¹⁴² BERNES, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

EL CROMA Y LA SATURACIÓN

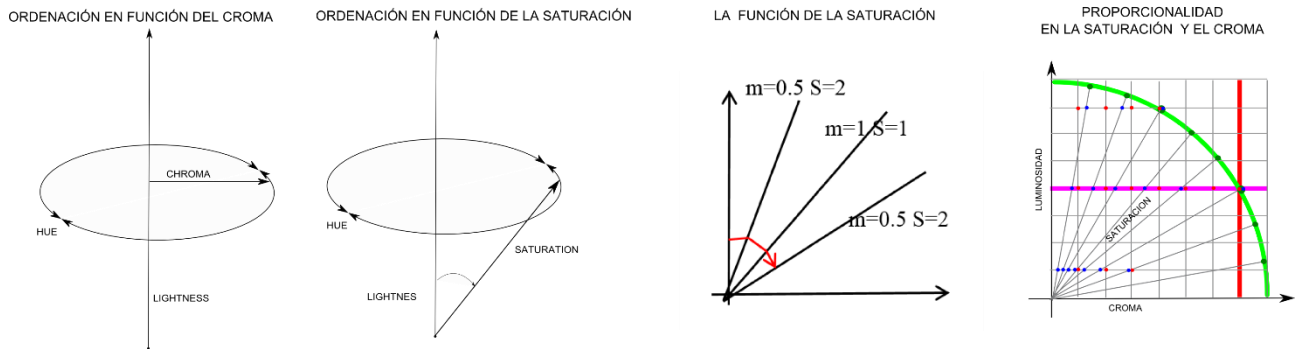


Figura 129

Como podemos ver (Figura 129) la variación de croma se desarrolla de forma uniforme, mientras que la saturación lo hace en forma de progresión. En concreto, lo hace de forma progresiva creciente en la dirección de aumento del croma y en función de la luminosidad; de tal forma que para bajas luminosidades la saturación avanza progresivamente en corto espacio del croma y para luminosidades altas la saturación aumenta progresivamente en largas distancias de croma.

Por otro lado en el diagrama (Figura 129) podemos detectar ciertas relaciones de colores, dentro de un solo tono (hue): Relación de colores a croma constante (ej. línea roja) donde podemos variar la luminosidad espacios constantes creando armonías. Relación de colores con luminosidad constante (ej. línea morada) donde podemos variar el croma en espacios constantes creando armonía. Relación de colores con saturación constante (ej. líneas inclinadas). Podemos mantener la relación $S = C/L$ en lo que son las Shadow series. Para avanzar en la Shadow serie de forma constante: La relación debe cumplir; $a = (L^2 + C^2)^{1/2}$; $a = 1, 2, 3$, etc, es decir podemos obtener las luminosidades (L) para una saturación constante $S=n$, distribuidos en espacios uniformes en la shadow serie según; $a = [L^2 + (S \cdot L)^2]^{1/2}$

También podemos establecer una relación de colores dentro de un mismo tono con diferentes saturaciones que compartan el mismo grado de separación respecto al negro en la shadow serie (línea verde).

En este caso, las diferentes saturaciones; $S= 1,2,3$, etc comparten la misma longitud "a" aplicando otra vez $a = [L^2 + (S \cdot L)^2]^{1/2}$ entonces obtenemos las luminosidades para esos colores relacionados.

La variación de croma no afecta al área ocupada en el espectro de reflectancia, es decir la luminosidad es la misma. En el ejemplo (Figura 123) se muestra un verde teórico con todo su croma que tiene la misma luminosidad que el mismo color descromado, es decir un gris teórico, también podemos observar como al perder croma, la intensidad energética baja a la vez que se amplía su rango de frecuencias actuantes, ya que ocupan la misma cantidad de espacio en el espectro.

El color más puro se consigue usando una sola longitud de onda a una intensidad muy alta. Si la intensidad luminosa disminuye y no se amplía el rango de frecuencias entonces afecta a la luminosidad, en este caso nos movemos en el dominio de la saturación. Para descromar un color en un sistema sustractivo se puede mezclar con su color complementario. Dos colores tienen igual croma cuando la distancia al gris puro es la misma. Dos colores tienen igual saturación cuando tienen el mismo croma y la misma luminosidad.

Como hemos dicho, el rango del croma queda definido por un tono a una luminosidad concreta, ya que son constantes para todo el rango. La luminosidad es diferente para cada tono y de igual forma, el rango de cromas también lo es. Es decir la distancia procesual que necesita cada tono puro para perder el croma de forma homogénea es distinta. En el

ejemplo podemos ver como el rango de cromas es algo mayor en el rojo que en el amarillo. Por lo tanto, dos colores con igual croma pueden tener diferente luminosidad (Figura 130).



Figura 130

El matiz y la saturación definen las características colorimétricas de un estímulo de color y reciben, en conjunto el nombre de cromía o cromaticidad.

Entre estas cualidades también existen interacciones, por ejemplo la Cromaticidad puede afectar a la luminosidad percibida como se describe en el efecto de *Helmholtz-Kohlrausch*¹⁴³ *Variación de la luminosidad de un color percibido, producida al aumentar la pureza de un estímulo de color, mientras se mantiene constante su luminancia dentro de los límites del dominio de la visión fotópica.*

Aunque el CIE $L^* a^* b^*$ y los modelos relativos no tienen en cuenta este efecto en la luminosidad, puede estar implícito en el modelo de color Munsell. Los niveles de luz también pueden afectar cromaticidad percibida, como ocurre con el efecto Purkinje.

El efecto de *Helmholtz-Kohlrausch* o *efecto H-K* es un fenómeno visual en el que el intenso croma de ciertos tonos se perciben como con un aumento de la luminosidad del color, sin que realmente exista. Este aumento de luminosidad debido al croma, se hace más fuerte a medida que aumenta el rango del croma.

Un ejemplo de este factor luminosidad se da cuando existen diferentes colores sobre un fondo gris y todos son de la misma luminosidad (figura 131). Obviamente, los colores se ven diferentes porque son diferentes los colores no sólo grises, pero si toda la imagen se convierte a escala de grises, todos los colores se corresponderían con el fondo gris porque todos tienen la misma luminosidad. Cada color en la parte superior tiene el mismo nivel de luminancia y sin embargo, no tienen el mismo aspecto. Cuando la imagen superior se convierte a escala de grises, tenemos la imagen en la parte inferior.

También existen otros fenómenos que afectan a las cualidades perceptuales del color¹⁴⁴, como el fenómeno de *Bezold-Brücke* que establece; *el cambio de tono producido al variar la luminancia, dentro de los límites del dominio de la visión fotópica, de un estímulo de color en el que la cromaticidad se mantiene constante,* y el fenómeno de Abney que establece; *el cambio de tono producido por la disminución de la pureza de un estímulo de color en el que la longitud de onda*

¹⁴³ COMITE ESPAÑOL DE COLOR. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ÓPTICA. 2002. *Vocabulario del Color* (Website: www.sedoptica.es/SEDO/color/docs/.../vocabulario-del-color.pdf)

¹⁴⁴ Ibid.

dominante y la luminancia se mantienen constantes.

EL EFECTO HELMHOLTZ-KOHLRAUSH

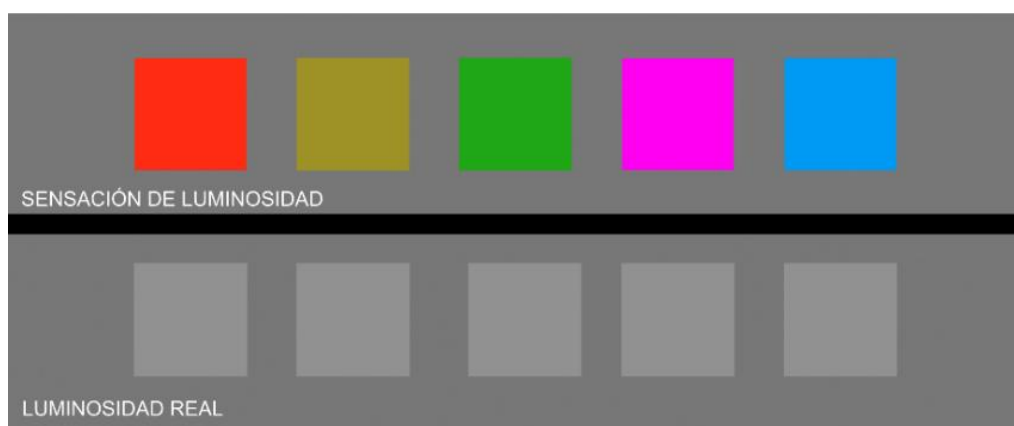


Figura 131

5.3.3.3. Clasificación y ordenación de los colores

El color se puede clasificar según diferentes sistemas, modelos y espacios. Según Caivano¹⁴⁵ “*un sistema de ordenamiento de color intenta por lo general incluir todos los colores, al menos en forma teórica, en un modelo topológico, previendo una posición específica para cada uno de ellos y proponiendo una posición específica para cada uno de ellos y proponiendo alguna lógica que determine la organización total*”. Por lo tanto, se organizan según las cualidades visuales de los colores.

Dentro de los diferentes sistemas, cada uno es más ventajoso que otro en función de su aplicación, y se pueden dividir en organizaciones lineales y bidimensionales, y en organizaciones tridimensionales. Dentro de las organizaciones lineales y esquemas bidimensionales tenemos; el esquema de Leonardo da Vinci o por ejemplo, el círculo cromático de Newton. Dentro de las organizaciones tridimensionales tenemos; la esfera de Runge, el Sistema Ostwald, el Sistema Munsell, el Sistema CIE, el Sistema Arthur Pope, el Atlas de Villalobos-Dominguez, el Sistema Natural de los Colores (NCS), el sistema Coloroid, el Atlas de Koppers, el espacio de color de Gerritsen y otros sistemas de color.

Por otro lado, los espacios de color se suelen definir un modelo de composición del color. Estos no nos dicen cuál es el color, sino que muestran dónde se encuentra un color dentro de un espacio de color en particular. Por lo general un espacio de color lo define una base de N vectores que le otorgan su *dimensionalidad*, por ejemplo la escala de grises o la escala Jet pertenecen a una dimensión, el sub-espacio rg y el sub-espacio xy son de dos dimensiones, los espacios RGB o HSV son de tres dimensiones, y por ejemplo el espacio CMYK es un espacio de cuatro dimensiones. Los espacios de color de tres dimensiones son los más extendidos y los más utilizados.

Según Roy Berns¹⁴⁶ existen tres tipos de sistemas para describir un color; descripción mediante *mezcla de colores* con el fin de ser representados, descripción de un color según *la percepción* que tenemos de este, lo que requiere una

¹⁴⁵ CAIVANO, José Luis. 1995. *Sistemas de orden del color* (Argentina. Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires)

¹⁴⁶ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

ejemplificación o atlas de color donde se muestren los colores, y descripción de un color mediante *el emparejamiento*, usado generalmente para cuando queremos conseguir el mismo color de una muestra.

A nosotros nos interesa el color percibido, no obstante también vamos a mostrar las otras formas de descripción del color atendiendo a esta última clasificación, ya que nos interesa para nuestra investigación, e incluiremos otros análisis realizados en torno a estos sistemas de clasificación¹⁴⁷.

1. Percepción de color donde el sistema está regido por la experimentación visual.

Describe un conjunto de percepciones visuales, es decir sensaciones donde los sistemas empiezan en nuestra mente y donde en cada sensación de un color es guardada como ejemplo establecido de forma uniforme.

Aquí, un *Sistema de orden del color* es un sistema conceptual de percepciones de color organizadas. Una *Ejemplificación del sistema de orden del color* es un sistema físico que representa sistema de orden del color, mientras que un *Espacio visual equitativo* es aquel que nos permite interpolar visualmente y facilita clasificar el color en incrementos finos.

En estos sistemas podemos encontrarnos con diferentes problemas a la hora de presentar la ejemplificación con muestras de color como:

- El *ambiente*: La potencia espectral de la fuente de luz y su nivel, la geometría de la visión y la iluminación, y la luminosidad del fondo debe ser definida de antemano mediante una iluminación y/o ambiente estandarizado. Por lo tanto, las muestras ejemplifican solo unas condiciones de iluminación.

- Las muestras deben ser constantes y se debe evitar; materiales con metamerismo diferente, cambios que afecten debido a temperatura y humedad o cambios debidos al deslucimiento. Los cambios de la apariencia de color debidos a los cambios de iluminación deben ser aceptables (constancia del color)

- Las muestras presentadas según un orden numérico deben tener un alto grado de precisión y concreción.

El Sistema de color aquí se propone como herramienta muy importante en la tecnología del color.

Sistemas de Color

Dentro de los diferentes sistemas de color tenemos:

- *La esfera de color de Runge (1810)*

Es el primer sistema tridimensional que incluyen en su proposición todos los colores perceptibles (Figura 132). Mejora las proposiciones anteriores de Forsius (1611) esquema planar de relaciones de color y la pirámide de ordenamiento de color de Lambert (1772) solido de color mediante colorantes que no incluía todos los colores.

¹⁴⁷ ARTIGAS, J. M; CAPILLA, P; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Fundamentos de colorimetría*. (Valencia: Universitat de Valencia).

LA ESFERA DE RUNGE

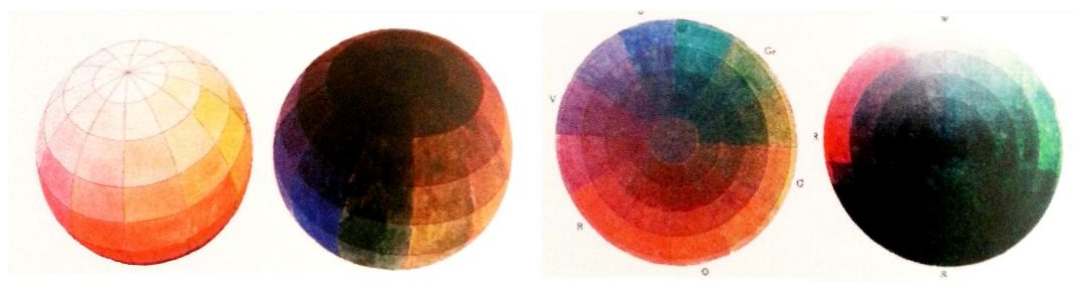


Figura 132

- Sistema Ostwald (1917)

Se basa en la organización del color percibido mediante porcentajes de contenido de tinte (f), contenido de blanco (w) y contenido de negro (k), medidos mediante discos giratorios (Figura 133). Es decir $f+w+k=100$

El círculo cromático contiene 24 tintes donde se oponen amarillo (1)- azul (13) y rojo (7)-verde (19) todos con su máxima pureza. Donde la mezcla de complementarios de un gris.

La luminosidad se establece mediante un eje perpendicular de luminosidad con 8 letras; que va desde el blanco hasta el negro (a, c, e, g, i, l, n y p); según la ley psicofísica de Weber-Fechner, la sensación varía de forma proporcionalmente al logaritmo del estímulo (reflectancia luminosa). Entonces los ocho tantos por ciento que van desde el negro y el blanco se establecen en proporción logarítmica.

Como ejemplo de notación, si tenemos un 7ca es un rosado muy claro; donde el 7 es rojo con 61,6% de blanco y 0% de negro.

El sólido es geoméricamente simétrico, por lo que no se usa, ya que no es exacto y no ordena los tintes puros según su luminosidad.

SISTEMA OSTWALD

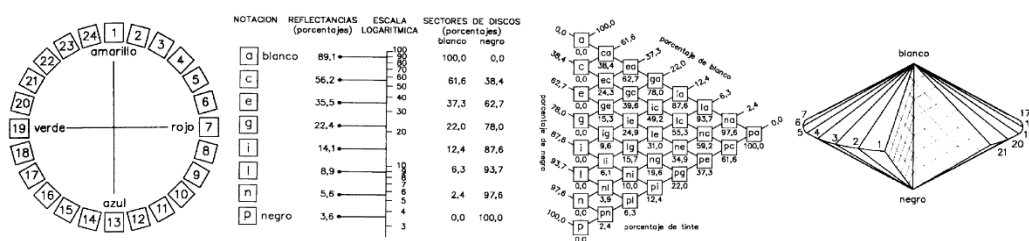


Figura 133

- Sistema de color Munsell (1905-1921)

El éxito de este sistema es que incluye un Sistema numérico más una ejemplificación que es el Atlas de color Munsell.

El Solido que representa este sistema es irregular en un espacio tridimensional definido por los valores de hue, value y chroma (Figura 134).

Contiene 10 tintes (hues) principales (5 primarios y 5 intermedios) organizados en círculo y que se subdividen a su vez

en 10 sub-hues. Los colores de los 5 tintes principales son: rojo-R, amarillo-Y, verde-G, azul-B y púrpura-P. Estos fueron designados visualmente, ajustados a igual value y chroma.

Los Valores (Values) van desde black (0) a White (10) en escala de neutros (N) los cuales están definidos por su reflectancia luminosa en vertical.

El Cromo (Chroma) en horizontal con separación igual para iguales diferencias de croma entre muestras. Rojo 14 separaciones y azul-verde solo 8. Dado que los máximos cromas para diferentes hues se obtienen en diferentes values el espacio no podía ser una esfera, por lo que aparece un volumen tridimensional irregular conocido como *Sólido de color de Munsell*.

Un ejemplo de designación, puede ser *R7/6* que atiende a un rosado; con el hue (rojo), el valor (7) y el chroma (6).

Por otro lado, una variación interesante es el sistema de Arthur Pope. Este sistema tiene en cuenta los diferentes valores de luminosidad, a la vez que el sólido tridimensional adopta una forma geométrica regular. Sin embargo, no se desarrolló su ejemplificación, no hay atlas por lo que ha quedado como una interesante organización del color.

SISTEMA MUNSELL

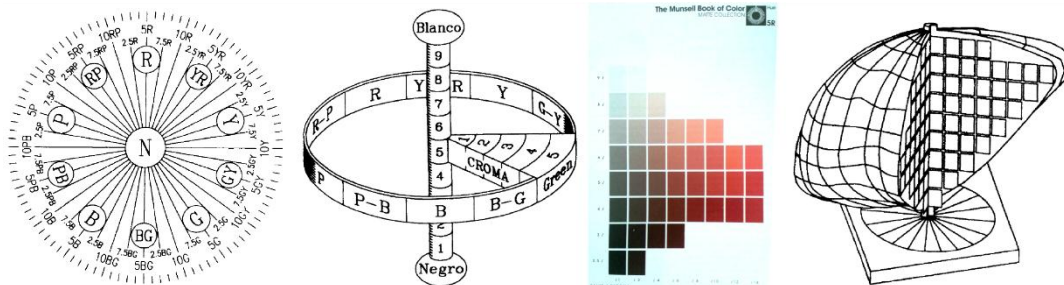


Figura 134

- Natural Color System (NCS)

Este sistema está basado en la forma en la que se organizan los canales visuales de nuestra visión, es decir en tres canales de oponentes negro-blanco, rojo-verde y amarillo-azul, es decir utiliza los seis colores elementales o naturales (Figura 135).

Por otro lado, la Swedish Standard tiene un atlas (Atlas de color NCS) muy utilizado en la actualidad.

El espacio NCS también es tridimensional utilizando: hue, blackness(whiteness) y chromaticness.

Aquí, cada color se define por su semejanza al color elemental (natural) expresado en porcentajes. Para blackness constante se define un círculo de hue. El círculo no está construido según complementarios situados de forma opuesta, por lo tanto no sirve para construir armonías de color, aunque estas se pueden obtener creando un círculo aproximativo¹⁴⁸.

Para un hue concreto (nuance) aparece un triángulo de color NCS donde para cada color se pueden establecer los porcentajes de blackness (s), de whiteness (w), así como de chromaticness (c) y de saturation (reflejada de la forma;

¹⁴⁸ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

$c/c+w$). Donde blancura +negrura+ cantidad de gris = 100%; $s+w+c= 100$.

Como ejemplo para la designación de un color tenemos 20 30 Y30R que se traduce como un color con 20% negrura, 30% de cromaticidad, por lo tanto una blancura del 50%, y un tinte amarillo al 70% con rojo al 30%, es decir se encuentra más cerca del amarillo, con una saturación de; $30/30+50=0.375$.

En este sistema, colores como el amarillo o el azul aparecen en el mismo nivel del sólido, NCS da respuesta a esta situación al establecer que los colores puros no tienen nada de blanco, ni de negro, es decir son colores naturales puros y en ese sentido se encuentran en el mismo nivel. Por esa razón según nos adentramos en el sólido, este no define los colores en función de la luminosidad, sino en función de la cantidad de negro y blanco perceptible.

SISTEMA NATURAL DEL COLOR (NCS)

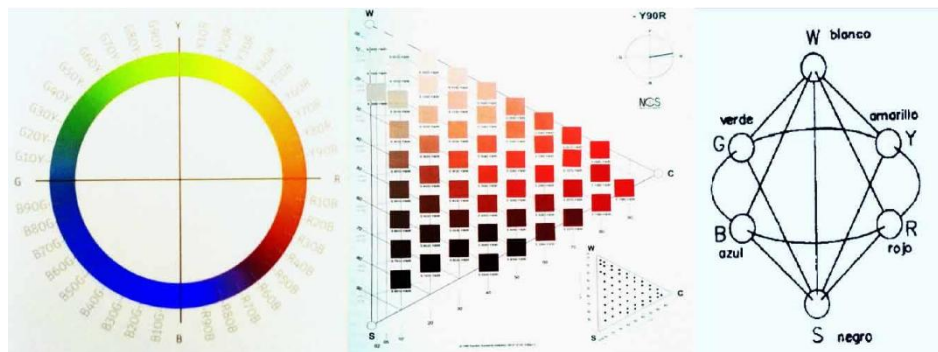


Figura 135

- Sistema Coloroid

Este es un sistema híbrido basado en la percepción y en la mezcla de color, por lo tanto es interesante al tratar el color en el diseño ambiental, ya que existe uniformidad entre colores desde el punto de vista estético, obtenida de la valoración de miles de observadores.

El sólido es de forma cilíndrica ortogonal con sus valores establecidos por: el tinte (A), la saturación (T) y la luminosidad (V) (Figura 136).

El Tinte se establece según la longitud de onda dominante. La saturación se establece sobre 100 y la luminosidad también se establece sobre 100. Por ejemplo un color 52-8-75, es un azul de baja saturación y alta luminosidad.

Aquí el % tinte más el % blanco más el % negro se iguala a 1, mediante discos giratorios realizando una mezcla óptica de color. Se diferencia en que tiene 48 tintes separados de forma irregular atendiendo a diferentes equidistancias estéticas distribuidos en 7 dominios de temperatura. Una elipse HS atiende a la ubicación de los colores límite sobre la superficie exterior del círculo. El sólido creado por los colores de superficie adopta una forma parecida al sólido de Arthur Pope, el cual alberga los colores con los que suelen trabajar los arquitectos y diseñadores medio-ambientales.

SISTEMA COLOROID

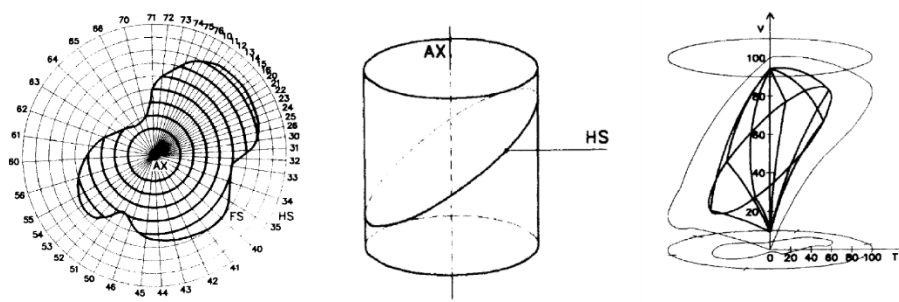


Figura 136

Por otro lado, ejemplifica la diferencia de color de CIELAB en un espacio de dimensiones rectangulares con ejes; luminosidad, rojizo-verdoso y amarillento-azulado; el *Colorcurve Master Atlas*. Aquí, las coordenadas CIELAB son usadas como puntos iniciales de un sistema de mezcla de color.

2. Mezcla de color regido por la física del color

La descripción de cada color se establece mediante la relación entre colores primarios y sus mezclas en procesos de coloración.

La mezcla puede realizarse mediante la adición de colores donde la mezcla aumenta la luminosidad y suele realizarse con luces de color, o mediante sustracción de colores donde la mezcla disminuye la luminosidad, y suele realizarse con pigmentos, tintes y pinturas¹⁴⁹ (Figura 137).

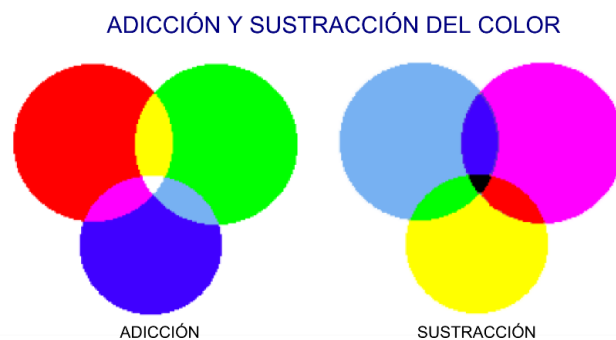


Figura 137

Su aplicación depende de que exista a disposición del diseñador la tecnología a su alcance. Aquí, el problema radica en que no existe una relación lineal para obtener resultados perceptuales satisfactorios.

Dentro de las diferentes mezclas tenemos:

- Colores para pantallas:

Modelo RGB

¹⁴⁹ WONG, Wucius.1988. *Principios del color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Este modelo hace referencia al rojo (R), al verde (G) y al azul (B) como luces de referencia en la mezcla aditiva (Figura 138).

La mezcla RGB está basada directamente en el modelo triestímulo y síntesis aditiva. Es un modelo de color dependiente de dispositivo. En él se establece la cantidad de rojo, de verde y de azul, en valores que oscilan desde 0 a 1 (0 a 255 en multimedia) para cada luz. El modelo forma de cubo tridimensional.

Las tres coordenadas en 0 dan el negro o color de la pantalla, los tres c a 255 dan el blanco puro o luminosidad máxima de la pantalla, de esta forma, para conseguir un amarillo puro se debe utilizar verde y rojo a 255.

Las ventajas de esta mezcla es que es una representación fiel de la tricromaticidad y que es la fuente elemental en la adquisición y visualización de las imágenes que van desde gráficos a fotografías y videos, tanto digitales como analógicas. También, se pueden establecer relaciones entre valores HSB, Lab y CMYK

Entre las desventajas del modelo RGB destacan la no uniformidad, donde no es posible evaluar la diferencia observada entre colores con una medida de distancia a partir de los primarios R , G y B , que no es un modelo intuitivo psicológicamente. Es difícil describir un color con cantidades y porcentajes de los primarios del espacio.

DIFERENTES ESPACIOS DE ORDENACIÓN DE COLORES PARA PANTALLAS

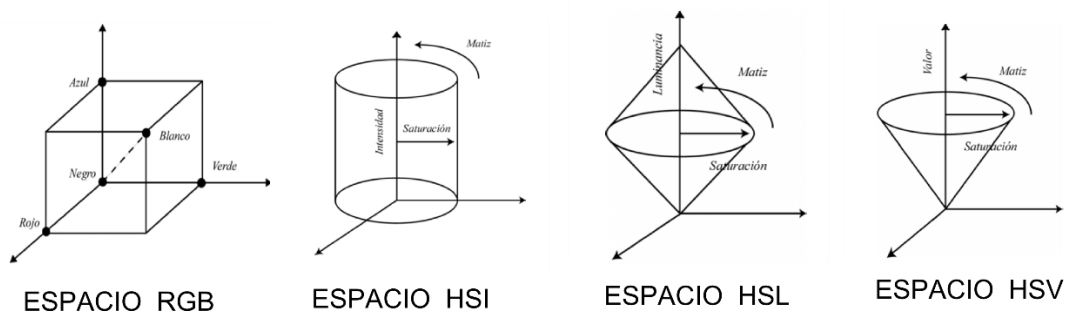


Figura 138

Modelos de expresión de color HSI¹⁵⁰

En este modelo los valores quedan definidos por; hue (H), lightness (L) y saturation (S). También existen sus variantes HLS y HSV (Figura 138). Este modelo se establece según el sistema Ostwald por lo que no se puede establecer un paralelo perceptivo real, ya que aquí se supone que todos los colores tienen el mismo rango de croma y el hue puro tienen un 100% de luminosidad, algo que está muy lejos de acercarse a los valores perceptuales.

El Hue se establece en grados que van desde el 0° (rojo) al 360° y la saturación, y la luminosidad se establecen en valores que van desde 0 a 100°.

En los sistemas de procesamiento de imágenes es muy usual la especificación de los colores de forma compatible con el hardware empleado. En este sentido, el modelo RGB destaca frente al resto, por ser el más cercano al hardware de visión artificial. Sin embargo, este sistema, que es computacionalmente práctico no es muy útil en la especificación y reconocimiento de colores. El ser humano no reconoce un color por tener una cantidad de componente roja, verde o azul, sino que emplea atributos perceptuales de luminancia o intensidad, saturación y matiz. Los modelos cromáticos HSI, HLS, HSV y sus variantes, en adelante HSI, codifican el color con los atributos anteriores y se definen como espacios

¹⁵⁰ ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

intuitivos, psicológicos u orientados a usuario, pues son los óptimos para interacción humana.

La familia de espacios HSI se derivan del modelo RGB a partir de una transformación de coordenadas. Con la transformación, el cubo RGB pasa a tener forma cilíndrica. Los modelos HSI poseen aspecto cilíndrico, de forma que la saturación se corresponde con un valor de distancia radial, mientras que el matiz es función de ángulo en el sistema de coordenadas polar. La intensidad es la distancia a lo largo del eje perpendicular al plano de coordenadas polares. En la figura se ilustra la representación cilíndrica que adquieren los espacios intuitivos.

El modelo HLS adquiere estructura de doble cono, en el que los colores pierden valor de saturación no sólo cuando se oscurecen, sino también cuando se aclaran (Figura 138). En el máximo y mínimo valor de luminancia la saturación es nula. Se deduce que el valor de la saturación depende de la luminancia presente en la tripleta RGB. En el espacio HSV el sólido es un cono igual a la mitad del HLS (Figura 138).

Modelos YIQ, YUV¹⁵¹.

Los modelos de color YIQ, YUV son los empleados actualmente en la radiodifusión de la señal de televisión. Tienen su origen en una recodificación del sistema RGB para responder a una característica de la visión humana, más sensible a los cambios de luminancia que a las modificaciones en matices o saturaciones. La reformulación del modelo RGB logra una transmisión más eficiente de la señal, al destinar más ancho de banda a la luminancia que a la crominancia y permite, a su vez, una total compatibilidad con los monitores de TV monocromos (de blanco y negro). En estos dispositivos sólo la información de luminosidad Y es procesada.

Las otras dos componentes, puramente cromáticas, sólo se emplean en receptores a color. Este modelo, al igual que el $L^*a^*b^*$, se basa en la teoría de los colores opuestos.

El modelo YIQ es el utilizado como estándar por el comité televisivo que desarrolló el sistema de televisión en color en los Estados Unidos de América, NTSC (*National Television Systems Committee*). Por el contrario, los sistemas europeos PAL (*Phase Alternating Line*) y SECAM (*Sequential Couleur à Memoire*) emplean la codificación YUV. La diferencia entre ellos es que el ancho de banda de las señales IQ del modelo YIQ puede ser reducido en mayor grado que el ancho de banda de las señales UV, para un nivel igual de calidad de visión.

Asumiendo un rango de valores cromáticos RGB, YIQ y YUV [0,1] se tiene a una conversión lineal entre los modelos.

Modelo de Expresión CIELAB y el Modelo CIELUB

Estos modelos desarrollados por la CIE se estudiarán en detalle, al estudiar el emparejamiento de color, un poco más adelante.

En general podemos decir que cada espacio de color para pantallas atiende mejor a unas aplicaciones que a otras, no obstante tenemos la posibilidad de pasar de RGB a los siguientes modelos según podemos observar en el gráfico (Figura 139).

¹⁵¹ ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)

DIFERENTES CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LOS ESPACIOS DE COLOR Y SUS CONVERSIONES

Espacios de color		
Modelos	Características	Aplicaciones
XYZ	Triestímulos positivos.	Cálculos colorimétricos.
RGB	No uniforme. Teoría tricromática.	Almacenamiento, procesamiento y codificación. Análisis de imágenes.
YIQ, YUV	No uniformes.	Transmisión en televisión, comprensión.
CIELAB CIELUV	Uniformes.	Sistemas industriales de medida del color. Evaluación en la diferencia de color. Análisis de imágenes.
HSI	Orientado a usuario.	Percepción humana del color. Multimedia y análisis de imágenes.

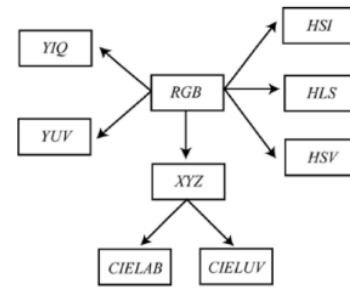


Figura 139

- Colores para impresión sobre blanco:

Modelos CMY o CMYK

Sus valores representan cian(C), magenta (M), amarillo (Y) y negro (K) que son los colores base para realizar la mezcla sustractiva (Figura 140).

Los colores cian, amarillo y magenta¹⁵² son los secundarios del color luz o síntesis aditiva y se corresponden con los primarios de la síntesis sustractiva del color. En estas mezclas se establece el % de cada tinta a usar. No usar ninguna tinta se entiende como 100% blanco. El 100% de todas las tintas da el negro más puro. Si se utiliza solamente K al 100% no ofrece un negro puro. En general las tintas no ofrecen los tonos a su máxima intensidad siendo el amarillo el que más se acerca. Si se mezcla el 100% de amarillo y el 100% de magenta da rojo.

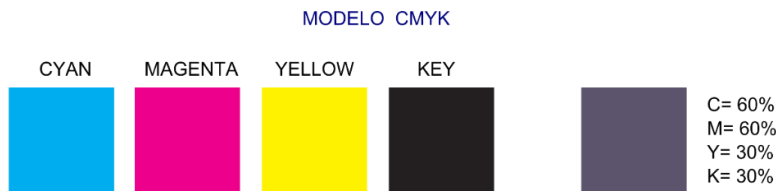


Figura 140

Cartas de color

Son cartas que especifican colores concretos, así como la mezcla requerida para realizarlos. Existen diferentes juegos de cartas de colores. Ejemplos son *Pantone* o *Trumach*. (Figura 141)

Muestras de Colores para pinturas

Cada muestra de color se realiza mezclando más de tres primarios según receta (Figura 141).

¹⁵² WONG, Wucius.1988. *Principios del color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)



Figura 141

Colores para colorear materiales y objetos

Se utiliza un conjunto de colorantes (pigmentos y tintes) con dosificación establecida para cada material concreto.

3. Emparejamiento del color regido por experimentación visual

Estos sistemas se basan en métodos que tratan de determinar cuándo dos colores se experimentan visualmente como iguales. Para ello la muestra se debe reproducir ante las mismas condiciones de visión e iluminación, como colores no relacionados.

Esto implica medir el color, mediante procesos de la colorimetría regidos por la CIE¹⁵³ (Comisión Internacional l'Eclairage) que mostramos a continuación.

CIE tristimulus system

La CIE determina un método estableciendo un *observador estándar* debido a la variabilidad en la visión de la población, y un aparato de *medida estándar* usando de forma normalizada la información espectral de la luz. Este aparato mide la luz de la fuente (espectro 1), según los tipos establecidos de iluminantes (CIE) y la luz que proviene del objeto (espectro2) según el factor de reflectancia de la muestra. Para ello utiliza la teoría tricromática y las leyes de Grassmann.

Por lo tanto, el proceso empieza cuando se mide el estímulo, dando una información espectral. Esto se determina mediante los controles del aparato standarizado y cuando el observador estándar los ve iguales se realiza el emparejamiento. Dos colores se ven emparejados, cuando las respuestas de los conos visuales son iguales mostrados mediante un sistema numérico, obtenido de la media de las sensibilidades de los conos del observador medio y de la medida del estímulo. Para cualquier estímulo, las respuestas de los conos pueden ser calculados vía integración, es decir, la distribución de la potencia espectral es multiplicada por cada sensibilidad espectral de cono, onda a onda, y el producto es sumado (Figura 142).

CIE tristimulus system sirve solo para decirnos si dos colores coinciden o no, es decir cuando tienen los valores triestímulos iguales. Sin embargo, no sirve para decirnos como es su apariencia o como difieren si no coinciden. De hecho, una misma cromaticidad puede tener diferentes apariencias en función de las condiciones de adaptación y de visión. Por lo tanto, las coordenadas resultantes X, Y, Z no deben ser usadas como estimaciones de la apariencia de un color.

¹⁵³ CIE 15. 2004. *Colorimetry*. (Vienna: CIE Central Bureau, 2004, 3rd edition, 2004)

PROCESO DE EMPAREJAMIENTO DE UN COLOR

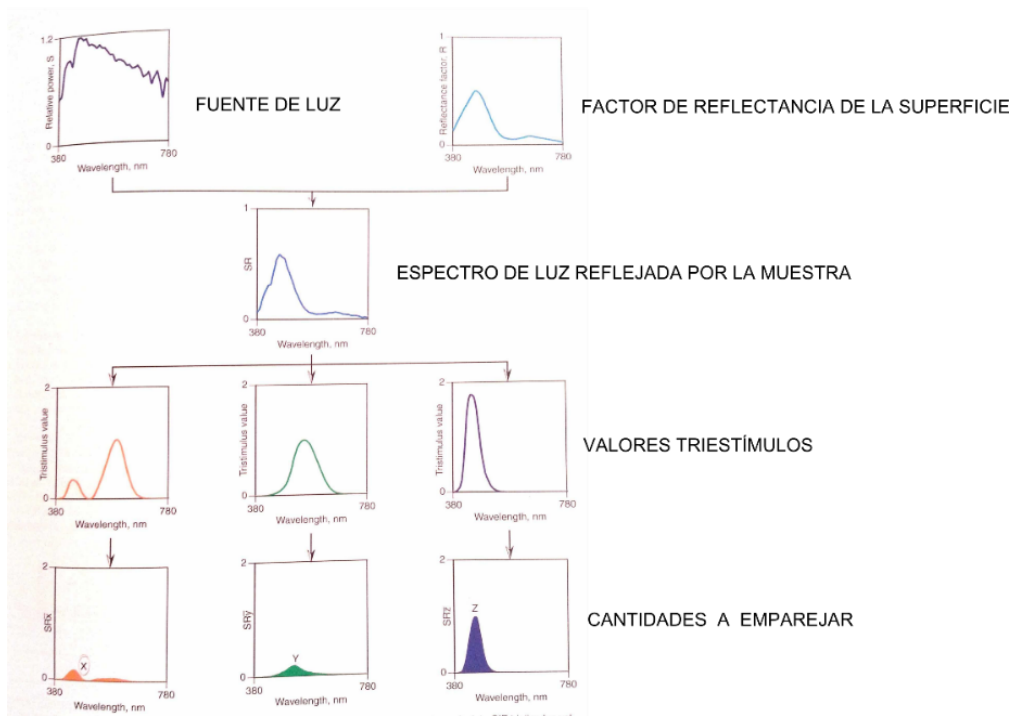


Figura 142

Hoy en día CIE está probando en desarrollar un sistema compañero que es enteramente psicológico.

El cálculo del estímulo se obtiene de una *Ecuación tricromática del color*, la cual utiliza las leyes de Grassman¹⁵⁴ sobre la síntesis aditiva de la luz de color que son las siguientes:

LEYES DE GRASSMAN

Primera Ley: Ley de la trivariancia visual

Por síntesis aditiva del color es posible conseguir todos los colores percibidos mezclando tres franjas del espectro visible (roja, verde y azul) en la proporción de intensidad adecuada, siempre que ninguno de los tres iluminantes o valores triestímulo elegidos pueda obtenerse por mezcla de los otros dos.

$$C = \alpha(R) + \beta(G) + \gamma(B)$$

Esto implica la posibilidad de *metamerismo*, es decir colores que pueden ser emparejados a pesar de sus diferencias espectrales.

Segunda Ley: Ley de la luminancia

Al mezclar aditivamente dos radiaciones cualesquiera se forman un tercer color que puede ser generado por síntesis aditiva de los componentes primarios rojo, verde y azul de cada una de las radiaciones primarias de partida.

$$C3 = C1 + C2 \text{ si } (R1 + R2)(R) + (G1 + G2)(G) + (B1 + B2)(B)$$

Tercera Ley: Ley de la proporcionalidad

Siempre que dos superficies produzcan igual sensación cromática es posible variar su luminancia, manteniendo constante

154

el matiz y la saturación, sin que varíe la igualdad cromática entre ambas superficies.

$$\text{Si } C1 = C2 \text{ entonces } kC1 = kC2$$

La propiedad de la proporcionalidad implica que a más cantidad de luz sobre las dos muestras se mantienen igualmente emparejadas.

Cuarta Ley: Ley de la aditividad

Puesto que cualquier color puede crearse por síntesis aditiva de los colores primarios rojo, verde y azul, y dado que al mezclar aditivamente estos componentes se suman sus respectivas luminancias, se puede deducir que la luminancia de un color cualquiera equivale a la suma de las luminancias de sus componentes primarios.

$$\text{Lum}(C) = \text{Lum}(R) + \text{Lum}(G) + \text{Lum}(B)$$

La propiedad de la aditividad implica que a más cantidad de una onda sobre las dos ondas igualmente siguen emparejadas.

ECUACIÓN TRICROMÁTICA DEL COLOR¹⁵⁵

Como hemos visto, según la 1ª Ley de Grassman, un estímulo de color C puede ser igualado o generado mediante cantidades de tres estímulos primarios R , G y B , capaces de producir la misma distribución espectral de flujo radiante que el estímulo C , entendiéndose por flujo radiante una unidad de potencia radiométrica definida como el cociente entre la energía luminosa radiante (fotones) C_e emitida por una superficie en un intervalo de tiempo determinado:

$$P_e = dC_e/dt = (\text{vatios})$$

Tanto el estímulo C como los primarios R , G y B , pueden ser a su vez expresados en términos de flujo luminoso P_v , magnitud fotométrica equivalente a la radiométrica (P_e) anterior, es decir como cantidad de luz emitida, transportada o recibida por una superficie en un segundo. La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm).

La igualación del color, según Grassman, se produce mediante síntesis aditiva y se expresa en la ecuación tricromática del color:

$$C = RC(R) + GC(G) + BC(B)$$

Donde RC , GC y BC se denominan *valores triestímulos* y se corresponden con los vatios o lúmenes de los estímulos primarios R , G y B necesarios para la igualación del color C .

Las longitudes de onda de los primarios han sido definidas por la CIE en $R=700$ nm, $G=546.1$ nm y $B=435.8$ nm (CIE 1931). Estos estímulos primarios han demostrado experimentalmente que forman la mejor combinación para la reproducción del resto de tonalidades conocidas. Aunque, la sensibilidad espectral para un observador ideal se encuentra en 450nm-550nm-650nm, la sensibilidad real se ha demostrado que se encuentra en 400nm-520nm-700nm, ya que maximiza la estimulación independiente de las respuestas de los conos visuales y maximiza la gama de color del colorímetro en términos de tono y saturación.

Los investigadores no pudieron obtener una ecuación similar a la anterior y se vieron en la necesidad de mezclar el color C con una de las luces primarias, igualando la mezcla resultante con las otras dos luces:

¹⁵⁵ ARTIGAS, J. M.; CAPILLA, P.; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Fundamentos de colorimetría*. (Valencia: Universitat de Valencia).

$$Q + RC(R) = GC(G) + BC(B)$$

Los lúmenes de R añadidos a C pueden considerarse como una cantidad negativa, lo que permite establecer otra vez la verdadera ecuación de igualación del color:

$$Q = -RC(R) + GC(G) + BC(B)$$

Una consideración a tener en cuenta es que los valores triestímulos de un color C de múltiples frecuencias deben ser calculados para cada una de las radiaciones monocromáticas de las que el color está compuesto, es decir:

$$C = \sum_{\lambda=a}^b C_{\lambda}$$

Con $\lambda=[a,b]$, siendo a y b los umbrales de las longitudes de onda (λ_a, λ_b) de las radiaciones monocromáticas que incluye el color C.

Un importante conjunto de valores triestímulos espectrales se obtienen cuando todos los estímulos monocromáticos C_{λ} tienen un valor de flujo radiante constante e igual a 1 (Figura 143). Esta clase de estímulo recibe el nombre de *estímulo de igual energía, E*. Cada uno de los estímulos monocromáticos es denotado por E_{λ} .

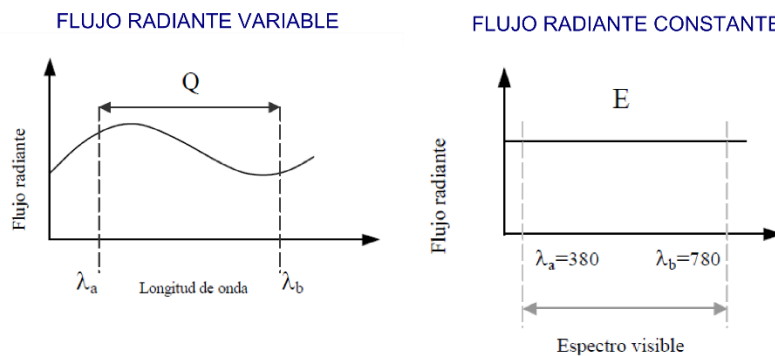


Figura 143

La ecuación para la igualación del color queda, para cada estímulo monocromático:

$$E_{\lambda} = r(\lambda)R + g(\lambda)G + b(\lambda)B$$

Donde $r(\lambda)$, $g(\lambda)$ y $b(\lambda)$ son los valores triestímulos espectrales de E_{λ} , también llamados *color-matching functions* o funciones de igualación del color. Los valores de las funciones de igualación del color se han deducido experimentalmente para todas las longitudes de onda del espectro visible. En la gráfica de la figura siguiente se puede observar como para igualar algunos colores del espectro (tonalidades verdosas) es necesario añadir una cantidad negativa de luz roja a la mezcla de los primarios verde y azul, y la función $r(\lambda)$ toma valores negativos. Sin embargo un colorímetro necesita más de tres primarios ya que al separar las ondas se pierde la solapación entre verdes y rojos, y no se puede producir emparejamiento para todo estímulo posible.

Para ilustrar el uso de las funciones de igualación del color, considérese el estímulo monocromático E_{λ} , con $\lambda=475\text{nm}$. Sustituyendo se obtiene que $r(475) = -0.045$, $g(475) = 0.032$ y $b(475) = 0.186$. En este caso:

$E_{475} = -0.045R + 0.032G + 0.186B$. Donde la cantidad negativa del estímulo primario rojo significa que en el proceso de igualación del color, $0.045R$ es añadido a E_{475} para reducir su saturación en magnitud suficiente para que pueda ser

igualado a la mezcla 0.0032G+0.186B (Figura 144).

VALORES TRIESTIMULO PARA EL EMPAREJAMIENTO DE UN COLOR

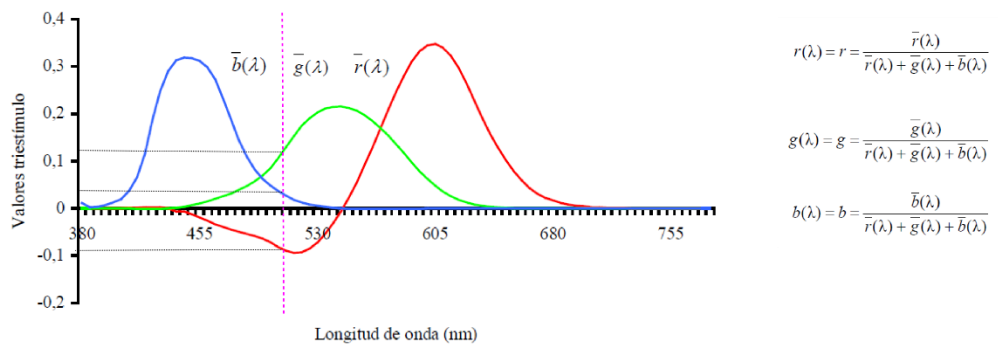


Figura 144

Por otro lado, también se puede realizar un *emparejamiento heterocromático de brillo*, entendiendo el brillo como el atributo de la percepción visual por la que un área parece emitir o reflejar, más o menos luz.

En el azul primario (400) y el rojo primario (700) su sensibilidad al brillo es mucho menor que en un verde a (555), porque esas ondas están más cerca de los límites de la visión, por lo tanto se necesita mucha más potencia, unas 500 veces más para que alcancen el mismo brillo.

Los valores de las funciones de igualación del color, $r(\lambda)$, $g(\lambda)$ y $b(\lambda)$, suelen normalizarse para obtener así coordenadas cromáticas $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$ o, simplemente (r,g,b), que permiten la representación gráfica de los colores a partir de coordenadas anteriores en rango de valores [0,1], cumpliéndose que $r+g+b=1$:

Con la normalización, la representación de los colores se puede realizar en un plano bidimensional y en coordenadas (r-g). La figura muestra la distribución de cromaticidades en el plano de coordenadas (r-g). Todos los colores presentes en el triángulo de vértices B, G y R pueden imitarse sin coeficientes negativos. Los colores situados fuera del triángulo poseerán alguna coordenada negativa. El punto E se corresponde con el blanco equienergético.

MODELO XYZ

El espacio de color XYZ se obtiene por transformación lineal del sistema RGB y fue introducido por la CIE para evitar los inconvenientes de los triestímulo espectrales R, G y B: ciertos colores sólo pueden reproducirse con un valor negativo de estímulo (Figura 145). En este caso, los colores primarios empleados XYZ son imaginarios, es decir, no representan a una luz física, y al igual que las funciones de igualación de color, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$, se derivan de transformaciones de los primarios R, G y B. La figura siguiente muestra la evolución de los nuevos valores triestímulo para diferentes colores espectrales.

La matriz de transformación lineal entre el sistema RGB y el XYZ, para valores en el rango [0,1] se presenta a continuación [Poynton, 1996-1999]. En función del blanco establecido como referencia existen definidas otras matrices de transformación RGB-XYZ alternativas.

MODELO XYZ

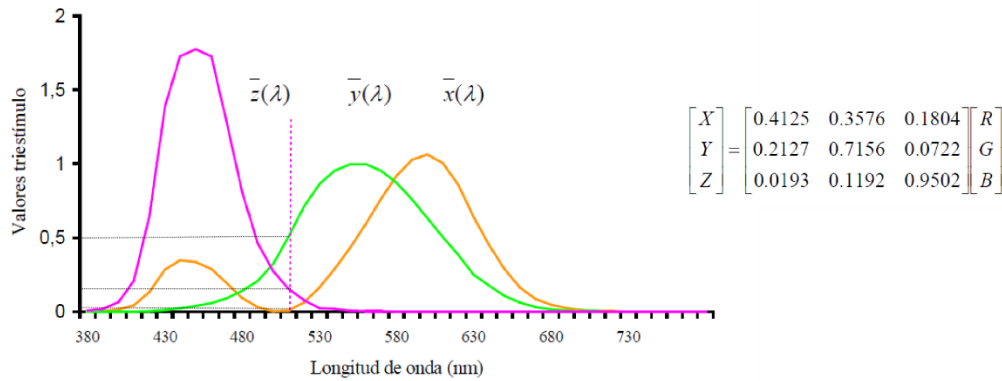


Figura 145

DIAGRAMA DE CROMATICIDAD

Los valores triestímulo tienen 3 variables por lo que se pueden representar en un diagrama tridimensional, no obstante se suele representar en dos dimensiones (no en color) realizando dos proyecciones de forma secuenciada, ya que la figura que aparece en 3D es muy compleja. Evidentemente, al representar en 2D se pierde información (Figura 146). La coordenada Y que informa de la luminosidad debe ser especificada. Las magnitudes de los triestímulo se transforman en porciones, x, y, z atendiendo a X,Y,Z donde X+Y+Z=1, y como hemos dicho Y está especificada.

DIAGRAMA DE CROMATICIDAD CIE

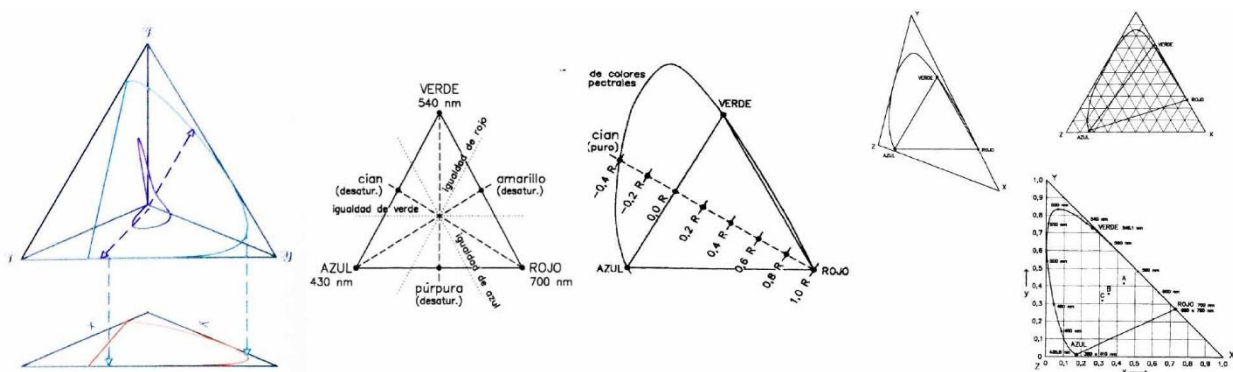


Figura 146

El diagrama de cromaticidad es útil porque una línea recta que une dos puntos cualesquiera del diagrama define todas las variaciones de los diferentes colores que pueden obtenerse combinando los dos primarios de forma aditiva. Para determinar el rango de colores que pueden obtenerse a partir de tres primarios cualesquiera del diagrama, se unen los tres puntos mediante líneas. Los colores del interior del triángulo formado, son los reproducibles por los tres primarios elegidos. Una observación del diagrama permite afirmar que no todos los colores se pueden obtener por tres primarios simples, pues no es posible crear un triángulo que albergue todos los puntos del diagrama en su interior.

EVOLUCIÓN DE LA CIE

1924 CIE: Establece que dos luces que producen igual potencia a veces tienen mucha diferencia de brillo, por lo tanto, el brillo o luminosidad no tiene por qué ser proporcional a la potencia del foco emisor.

El brillo de una fuente es calculado multiplicando sus propiedades espectrales por la función de V_λ (observador estándar fotométrico), onda a onda, seguido de su suma y finalmente multiplicado por una constante normalizada.

1931 CIE: Los primarios se establecen a 435.8- 546.1- 700 según una media aceptable. Se detecta que colores altamente saturados no pueden ser reproducidos con las tres luces RGB y caen fuera del triángulo formado por estas luces en el diagrama de cromaticidad. Por lo tanto, se crean 6 crestas entre positivos y negativos. Lo que implica aparatos con 6 canales, es decir con gran complejidad y coste, ya que si un segundo grupo de primarios se define siendo todos positivos, entonces solo se requieren 3 canales, aparte en este caso construible.

Se establece un sistema transformado de $x_\lambda, y_\lambda, z_\lambda$ donde se tiene en cuenta la variabilidad de brillo en los primarios X, Y, Z 1931 *standar observer* o *2° observer*¹⁵⁶.

Las cualidades perceptivas quedan definidas por el Tinte, según la longitud de onda predominante (1d), la saturación, según grado de pureza del estímulo (2d) y la luminosidad, según un factor de luminancia establecido (3d) la cual que no aparece en el diagrama de cromaticidad, ya que se presenta en 2d.

Se establece el *factor de reflectancia o luminancia* para un objeto ideal blanco, siendo por convenio la coordenada Y (la del medio) de X, Y, Z= 100. Siendo el 100% de reflexión de la luz que le llega, es decir un perfecto difusor de luz reflejada

El factor de reflectancia/transmitancia nos informa de la luminosidad de un material, por lo tanto informa de la porción de luminosidad que una muestra respecto de un perfecto difusor con unas condiciones específicas geométricas de visión igual al valor del triestímulo Y. Algunas veces usándose Y/Yn para denotar el factor de luminancia para evitar la ambigüedad en el rango de valores.

También, se establecen las *escalas de luminosidad* que informan sobre la propiedad acromática de un color, ya que es uno de los más importantes atributos, mediante escalas que relacionan mediciones físicas con nuestra percepción de la luminosidad. El factor de luminancia y la percepción de escalas acromáticas no es linealmente proporcional, sino que es curvo y se establece en función de una raíz.

Al principio, Munsell estableció que la luminosidad era proporcional a la raíz cuadrada del factor de luminosidad (Priest 1920). Luego la escala se definió como un polinomio de quinto orden (Newhall 1943). La CIE lo estableció en función de cubo-raíz (1976 L,a,b y L,u,v)

Por otro lado se establecieron las *Coordenadas Helmholtz* sobre el diagrama de cromaticidad. La onda dominante de un color es la onda del espectro de color cuya cromaticidad está en la misma línea recta que el punto de la muestra y el punto del iluminante, es decir el tinte.

También, se definió la *Excitación de pureza* como la distancia desde el punto del iluminante hasta el punto de la muestra dividido por la distancia desde el punto iluminante al *spectrum locus*.

1964 CIE: Se establecen dos tipos de observadores con dos campos de visión a 2° y a 10°. El observador a 2° era válido para pequeños campos de visión, pero no para campos de visión amplio, entonces se estableció el 1964 observer o 10° observer, con $x_{10\lambda}, y_{10\lambda}, z_{10\lambda}$.

1976 CIE: Se establecieron los modelos *CIE L,a,b* y *CIE L,u,v*. Desarrollados con la finalidad de crear diagramas de

¹⁵⁶ BERNIS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

cromaticidad uniforme, donde la posición de relativa de un color respecto al origen nos informa de su hue y su chroma.

Los modelos de color CIELAB y CIELUV son espacios estandarizados por la CIE en 1976 para lograr una representación perceptualmente uniforme del color. De esta manera, los colores se representan en el espacio a unas distancias proporcionales a las diferencias visuales entre ellos. Es, por tanto, un sistema recomendado para mediciones industriales del color de los objetos [MxLaren, 1976], [CIE, 1995].

La uniformidad del color entre ambos espacios es equivalente. Centrando el estudio en el espacio CIELAB, se puede comentar que éste se basa en el modelo de los colores opuestos. La variable L^* , es una medida de luminancia, mientras que las componentes a^* y b^* definen señales de color magenta-verde, y amarillo-cian, respectivamente. Un valor negativo de a^* define un color más verde que magenta, mientras que un valor positivo de b^* define un color más amarillo que cian.

La transformación del modelo RGB a los espacios CIELAB y CIELUV no es inmediata. Los valores L^* , a^* y b^* se calculan, mediante transformaciones no lineales, haciendo uso del espacio XYZ.

El espacio de color CIELAB puede ser representado mediante otro sistema de coordenadas diferentes a L^* , a^* y b^* , en una representación polar (Figura 147). Concretamente este modelo puede ser expresado con coordenadas cilíndricas de croma y matiz [Wyszecki, 1982]. La croma C^*_{ab} , como distancia radial y el matiz H^*_{ab} , como función de ángulo en sistema de coordenada polar, se definen en base a las componentes a^* y b^* .

La representación cilíndrica define un nuevo modelo cromático, el $L^*C^*H^*$. El aspecto visual de este nuevo sistema se ilustra en la siguiente figura. La saturación es una medida normalizada de la croma C^* a través de L^* .

ESPACIO DE COLOR CIELAB

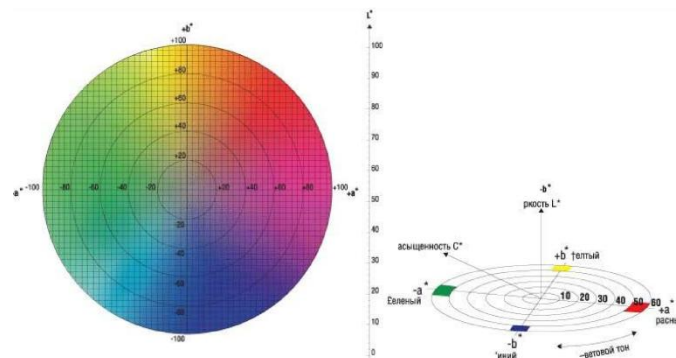


Figura 147

1983 CIE: Se establece el *Standar Deviate Observer*. Este, permite calcular límites confiables para cualquier triestímulo, donde esos límites representan la variabilidad existente entre observadores, sobretodo cambios en la visión debidos al envejecimiento. Esto permite predecir cambios en el color cuando existen cambios en los observadores. Los dos sistemas CIE L,a,b y CIE L,u,v quedan aceptados. Siendo el CIELAB recomendado para muestras de reflexión mientras que el CIELUV para fuentes y pantallas.

Equivalencias

En torno a las equivalencias los sistemas Munsell, NCS y Coloroid, también ofrecen los valores de sus colores en coordenadas triestímulo CIE. En general los diferentes sistemas utilizan las tres cualidades que acabamos de estudiar para

conformar su sistema como si fueran coordenadas tridimensionales.

5.3.3.4. La interacción de colores

La sensación de un solo color es ver un color plano que abarca toda nuestra imagen visual, es decir cuando desde todos los puntos de nuestro campo visual nos llega la misma sensación de color (Figura 148). Esta situación de imagen visual no es usual, ya que sería imposible ver alguna forma, profundidad, ni movimiento.

EL COLOR PLANO: UN SOLO COLOR



Figura 148

Como hemos comentado, esto no es habitual en nuestro mundo cotidiano, incluso el azul del cielo de un día despejado se ve con tonalidades variables (Figura 149).

EL DEGRADADO: VARIOS COLORES



Figura 149

Por lo tanto, lo normal es ver varios colores a la vez sobre nuestra imagen visual, es decir *colores relacionados*. Cuando aparecen varios colores en la imagen visual interactúan entre ellos apareciendo la forma y modificando su apariencia. La aparición de varios colores en nuestra imagen visual implica la proyección de diferentes frecuencias luminosas en diferentes puntos de nuestro campo visual provenientes de diferentes puntos de nuestra escena visual.

LA INTERACCIÓN DEL COLOR: UN COLOR QUE PARECE DOS

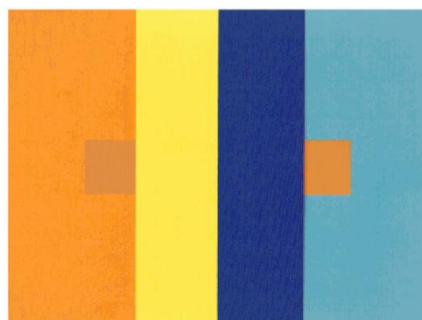


Figura 150

La interacción entre colores modificando su apariencia fue demostrada por Joseph Albert y depende de las cualidades de los colores que interactúan, y del tamaño y posición que adoptan en la imagen visual (Figura 150).

Estas interacciones pueden provocar que dos colores diferentes sean percibidos como semejantes, o lo contrario que dos

colores iguales sean percibidos como diferentes debido a la interacción que aparece entre estos a lo largo y ancho de la imagen visual. Mediante el peso visual, nosotros hemos demostrado como la cualidad de la luminosidad afecta a esta interacción como veremos más adelante. De las interacciones entre colores en la imagen visual aparecen los contrastes y las armonías.

Del contraste entre los colores, aparecen las formas. Esto sucede en la parte de la imagen visual donde se produce un cambio evidente de color, este contraste se refleja mediante una delimitación entre ambos, es decir un límite que establece la diferencia de ambos colores sobre la imagen visual. Y estas delimitaciones visuales son las responsables de ofrecernos la sensación de forma.

Por otro lado, algunas veces, el cambio de color no es brusco, sino que se realiza de forma gradual y progresiva, en este caso también se crea sensación de forma, pero en este caso a través de un degradado visual. Un degradado visual se podría entender como una delimitación de gran grosor.

Por lo tanto, en nuestra imagen visual aparece la sensación de forma debido a las delimitaciones y degradados que aparecen a lo largo y ancho de la imagen visual debido a la interacciones de los diferentes colores que aparecen en ella.

El color degradado

En este caso como hemos dicho el cambio de color es gradual y progresivo. Al existir variación de color aparece la forma y esta se define en función de las características del degradado (Figura 151).



Figura 151

El color contrastado

En este caso, el cambio de color se realiza de forma brusca por lo que aparece un límite y la continuación de este lo denominamos delimitación. Las diferentes delimitaciones también nos transmiten la sensación de forma (5.3.3.4↔5.3.1) mediante el contraste (Figura 152).

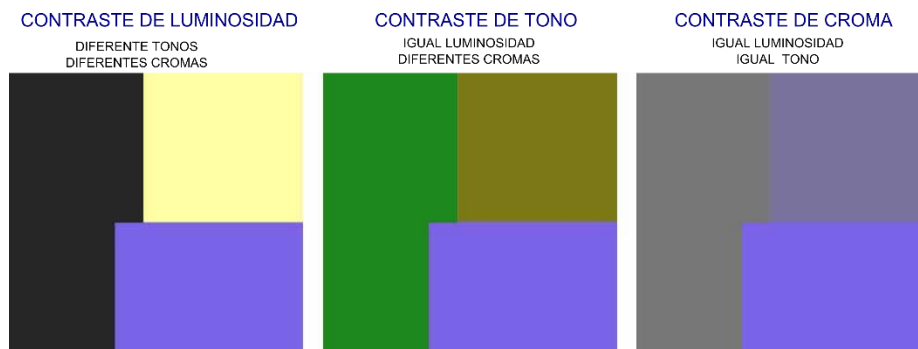


Figura 152

Cuanto más contraste de luminosidades más se detectan los límites, sin embargo con igual luminosidad y cambio de tono también se detectan los límites. En este caso, cuanto más se acerquen los dos colores a sus complementarios más se acentúa la delimitación. Por último, un mismo tono con una luminosidad concreta puede mostrar dos colores que establezcan delimitaciones por variación de croma. De hecho, esta es la causa que podamos establecer estas tres cualidades para definir la apariencia de un color, ya que nos permiten contrastarlos y establecer delimitaciones visuales entre ellos.

Según dos colores se aproximan entre sí, es decir su distancia decrece, entonces de forma inversa al contraste aparecerá la semejanza. Es decir, cuanto menos contraste exista entre dos zonas coloreadas más semejantes serán y menos se acentuará la delimitación entre ambas.

La diferencia entre dos colores se puede determinar mediante;

$$Vc = \Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta C^2 + \Delta H^2}$$

Donde ΔL es la diferencia de luminosidad, ΔC es la diferencia de croma y ΔH es la diferencia de tono entre los dos colores. Cuando ΔE es cero los colores son iguales, y según va aumentando la diferencia se incrementa.

Determinación del contraste lumínico

La visibilidad de un objeto situado sobre un fondo, depende de la diferencia de luminosidad entre el objeto y el fondo¹⁵⁷. Para una superficie del objeto que tiene una luminosidad “ L_o ” y para una superficie de fondo que tiene una luminosidad “ L_f ”, se define el contraste “ K ” como la diferencia de estas dos luminosidades, divididas por la de fondo, es decir:

$$K = (L_o - L_f) / L_f$$

Siendo; K = contraste (valor relativo entre luminosidades).

Por lo tanto, un objeto claro sobre fondo oscuro, tendrá un contraste positivo (valores entre 0 e infinito), en cambio un objeto más oscuro que su fondo se verá en silueta y tendrá un contraste negativo, variando entre 0 y (-1).

Armonías y contrastes entre colores

Las interacciones debidas a las armonías y a los contrastes no son contradictorias. De hecho, estas formas de interacción se establecen como dos maneras de componer la imagen a través del color.

La armonía implica establecer relaciones visuales entre los diversos colores, es decir cuando un color en una imagen visual posee alguna cualidad en común con otros colores componentes de dicha imagen se dice que se encuentra en armonía.

El establecimiento de armonías depende del sistema del color en el que se esté trabajando. Por ejemplo, si se trabaja con el sistema Munsell entonces las relaciones entre colores se establecerán a partir de sus cualidades; tono, valor y croma. En este caso, dos colores serán armónicos en función de si establecen algún tipo de relación entre estas cualidades según la geometría del sistema. Las relaciones armónicas son de igualdad cuando son solo dos colores los que interaccionan. Cuando son más de dos colores, además de la igualdad se pueden establecer relaciones direccionales con espaciamientos

¹⁵⁷ INDALUX. 2002. *Manual de luminotecnia*. (Catálogos de Indalux. Iluminación Técnica, S.L. – INDALUX.http://www.construmatica.com/empresa/industrias_derivadas_del_aluminio_sa_indalux/catalogos)

en secuencias iguales o progresivas. Por otro lado, existen armonías que utilizan relaciones de contraste. Por ejemplo armonías geométricas utilizando colores complementarios.

En las armonías cromáticas de tres colores, estos suelen adquirir diferentes papeles, que son: dominante, tónico y de mediación. El dominante, es el color más neutro y que suele ocupar mayor extensión, por lo tanto su función es destacar los otros colores que conforman la composición. El tónico, normalmente suele situarse de forma complementaria al dominante, siendo el color más potente de intensidad y valor. El de mediación, es el color que hace de enlace y transición de los anteriores. Suele tener un tono cercano al del color tónico.

Muchas armonías se siguen realizando utilizando el círculo cromático, teniendo como base los colores primarios, los secundarios y los terciarios, cartas de colores ordenadas por según diferentes criterios de luminosidad y cromaticidad¹⁵⁸.

En general, siguen los siguientes pasos:

1. Se definen claramente los resultados que se desean obtener por medio del color, es decir que se quiere expresar con el color.
2. Se elige un color principal que refleje estas necesidades.
3. Se elige un esquema de armonía, es decir las relaciones entre colores.
4. Se ajustan las diferentes variantes disponibles en función del resultado buscado (la armonía del color).

Las armonías algunas veces no son totales y tienen grados. En una composición se pueden encontrar parte de los colores creando armonías y parte sin relación alguna. De igual forma, se pueden encontrar armonías no perfectas es decir cuando las relaciones no son totalmente iguales, ni totalmente proporcionales, pero se acercan lo suficiente para ser detectadas como tales de forma visual.

Por otro lado, el contraste como hemos visto crea la delimitación. Este puede ser armónico, es decir con relaciones entre los colores diferentes o puede ser disonante, es decir realizado con colores que nada tienen en común entre sí.

Los contrastes fueron estudiados por Itten¹⁵⁹ adquiriendo diferentes tipologías atendiendo a contrastes; de tono, de claro-oscuro, simultáneo, entre complementarios, entre tonos cálidos y fríos, cuantitativo y cualitativo.

Siguiendo las investigaciones de José Luis Caivano¹⁶⁰, podemos estudiar las armonías y los contrastes atendiendo a las diferentes proposiciones de algunos autores de sistemas de colores y de investigadores del color, de la siguiente forma:

Ostwald: 12 Principios de Armonía (Die Harmonie Der Farben -1923)

Ostwald propuso diez principios de armonía basado en su sistema del color. Estos son:

1. *Armonía de grises*: Es la armonía más simple. Las combinaciones pueden hacerse con intervalos iguales (pequeños o grandes) o con intervalos desiguales, en proporción de aumento o de disminución.
2. *Armonías de igual contenido de blanco*: Se corresponde con diagonales (izquierda-abajo /derecha-arriba) en el triángulo de un tono con saltos equidistantes manteniendo su cantidad de blanco.
3. *Armonías de igual contenido de negro*: Se corresponde con diagonales (izquierda-arriba /derecha-abajo) en el

¹⁵⁸ WHELAM, Bride. M. 1994. *La armonía del color- Nuevas tendencias. Guía para la combinación creativa de colores*. (Massachusetts: Rockport Publishers)

¹⁵⁹ ITTEN, Johannes. 1961. *Kunst der Farbe* (Ravensburg, Alemania: Otto Maier Verlag). Versión inglesa condensada por Ernst van Hagen, *The elements of color*, ed. F. Birren (Nueva York: Van NostrandReinhold, 1970)

¹⁶⁰ CAIVANO, José Luis. 2004. *Armonías del color* (Argentina: Grupo Argentino del Color)

- triángulo de un tono con saltos equidistantes manteniendo su cantidad de negro.
4. *Armonías de igual cromaticidad:* Se corresponde con colores de un mismo tono con igual croma. En el triángulo, líneas verticales.
 5. *Armonías monocromáticas combinando series distintas:* Por ejemplo combinar armonías de blanco con armonías de negro con un color en común dentro de un triángulo con el mismo tono.
 6. *Círculos de igual contenido de blanco e igual contenido de negro:* Diferentes tonos con igual contenido de blanco y de negro. (Igual croma desde el eje de los grises)
 7. *Pares complementarios en círculo de igual contenido de blanco e igual contenido de negro:* El caso anterior pero con tonos complementarios.
 8. *Pares complementarios transversales:* Tonos complementarios donde el contenido de blanco de uno, coincide con el contenido de negro de otro (diagonales que se mantienen de un tono a otro).
 9. *Pares no complementarios:* Tonos no complementarios con diagonales que mantienen su dirección.
 10. *Armonías de dos y tres colores:*
 - a. Dos colores cualesquiera del mismo tinte.
 - b. Dos colores de cualquier tinte con la misma notación en letras.
 - c. Cualquier color con los dos grises que tienen sus mismas letras.
 - d. Dos colores cualesquiera con la misma letra igual.
 - e. Dos colores cualesquiera en los que la primera letra de uno sea igual que la segunda letra de otro.
 - f. Dos colores cualesquiera con la segunda letra igual.
 - g. Dos colores cualesquiera con un tercero cuya notación sea alguna combinación de las letras de aquellos.
 11. *Armonías con varios colores:* Utilizando diagonales en los dos sentidos y verticales.
 12. *Armonías con los círculos cromáticos:* Círculo con 24 colores de distinto tinte e igual cromaticidad, contenido de blanco y de negro, u otro círculo relacionado con el anterior a través de una línea de constancia.

EJEMPLOS DE ARMONÍAS OSTWALD

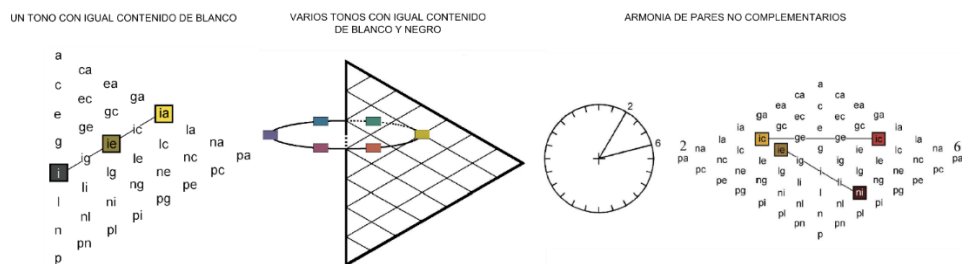


Figura 153

Munsell: 9 Principios de Armonía (Munsell y Cleland: A Grammar Of Color-1921)

Munsell estableció nueve principios sobre su sistema del color atendiendo a conceptos de equilibrio. Ejemplificación de la acción de la mezcla óptica al conceptualizar el equilibrio mediante el juego de tirar de una cuerda dos equipos, donde cada equipo se interpreta como un color, el que más tira, se lleva la combinación a su terreno y gana. De igual forma, relaciona el equilibrio en el croma con la ley de la palanca, donde existe equilibrio entre colores cuando existe la misma distancia al eje. Los principios eran los siguientes:

EJEMPLOS DE ARMONÍAS MUNSELL

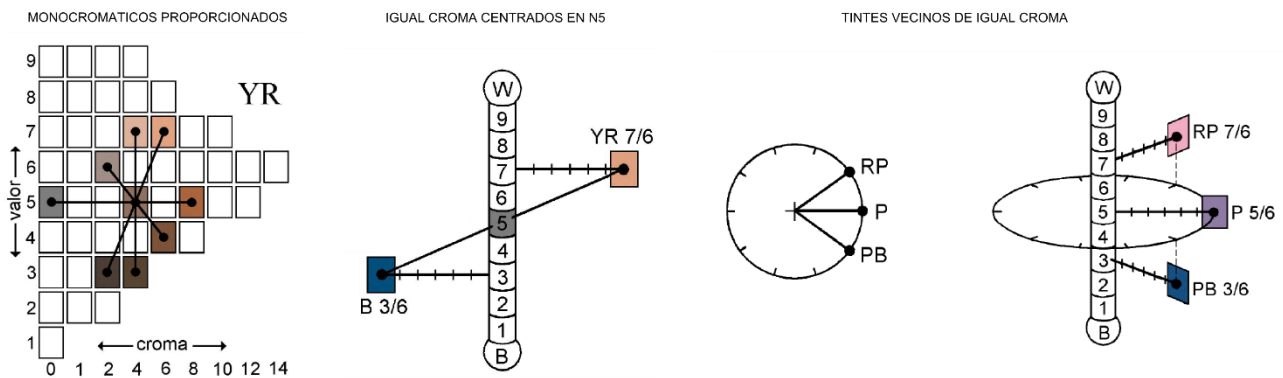


Figura 154

1. *Grisas igualmente espaciados*: Teniendo como referencia el gris medio N5, se escogen grises de forma simétrica
2. *Monocromáticos igualmente espaciados*: Sobre un mismo tono se coge un color centrado con un valor y croma medio, sobre este y de forma simétrica se escogen colores desde cualquier dirección.
3. *Opuestos de igual croma nivelados en N5*.
4. *Opuestos de igual valor y distinto croma con áreas inversamente proporcionales al croma*.
5. *Opuestos de igual croma y distinto valor centrados en N5*
6. *Opuestos de distinto valor y distinto croma con áreas inversamente proporcionales al croma*
7. *Tintes vecinos y complementarios divididos*:
 - a. Tintes vecinos de igual croma
 - b. Tintes vecinos de distinto croma e igual progresión en el espaciamiento.
 - c. Tintes complementarios, con uno de ellos dividido en dos tintes vecinos.
8. *Secuencias en disminución*: Se va cambiando gradualmente de tono, se disminuye progresivamente el valor y el croma, creando el desarrollo de una espiral.
9. *El camino elíptico*:
 - a. Tintes opuestos de igual valor y croma, y secuencias de intermedios de igual valor.
 - b. Tintes opuestos de distinto valor e igual croma, y secuencias de intermedios variando el valor y el croma en pasos regulares.
 - c. Tintes opuestos de igual valor y croma, y secuencias de intermedios que varían en valor y en croma.

Villalobos-Dominguez: Transporte del Color (Atlas de los Colores 1947)

Villalobos-Dominguez ejemplifico sobre una misma imagen como se pueden transportar los colores por armonías, dando respuestas con diferentes composiciones cromáticas sobre las mismas delimitaciones.

Jannello: Armonías Lógicas del Color (1980)

Utiliza armonías lógicas con las cualidades que definen los sistemas y sobre estas se establece el número de constantes, si son los tres (colores en punto), si son dos (colores en línea), si es una (colores en superficie) y si no hay ninguna constante (colores en volumen).

JANELLO: ARMONIAS LOGICAS CON CMY

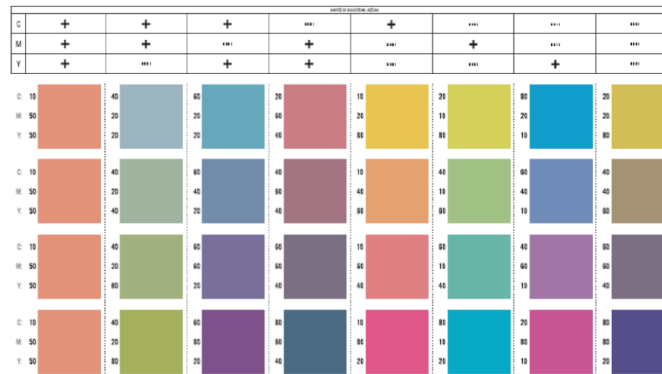


Figura 155

Nemcsics: Armonías Policromas (Színdinamika- Dinámica del Color -1990)

1. *Armonía monocroma*: igual tono y cromas con diferente valor secuenciado
2. *Armonía dicroma*: dos tonos opuestos con variación progresivo en cromas y valor (en vez de una diagonal, una curva)
3. *Armonía tricroma*: tres tonos, compartiendo en unos casos el cromas y en casos el valor.
4. *Armonía tetracroma*: cuatro tonos, compartiendo en unos casos el cromas y en casos el valor.

Armonías basadas en estudios estadísticos

Caivano comenta que estas no suelen funcionar debido a varias razones:

- Cantidad de combinaciones
- Condiciones perceptuales y lumínicas
- Variaciones en los gustos sociales y culturales

Itten: 7 Contrastes del Color (Kunst Der Farbe 1961)

Johannes Itten, fue uno de los maestros de la Bauhaus que estudio los contrastes en uno de los capítulos fundamentales de su teoría de los colores. Itten entiende el contraste como una interacción de color portadora de polaridad y tensión dinámica. Itten estableció los siete tipos de contrastes que comentamos y que pasamos a desarrollar.

El contraste de tinte es el contraste del color en sí mismo. Surge cuando utilizamos diversos tonos cromáticos. La sensación de contraste de tono más acentuada se produce cuando empleamos colores base sin modulaciones intermedias. La fuerza del contraste disminuye a medida que los colores se alejan de los primarios. Interponer blanco o negro entre los colores pone más de relieve el contraste porque neutraliza las influencias recíprocas. Blanco disminuye la luminosidad del color, negro la aumenta. Efecto multicolor, gran dinamismo.

El contraste de claridad es un contraste de luminosidad que pone en juego colores claros frente a colores oscuros, donde el Blanco - negro es el contraste por excelencia. También está el amarillo -violeta entre los cromáticos. Reflejando significaciones de Luz/Oscuridad, de Día/Noche o de Cercano/Lejano.

Contraste cálido-frío, es un contraste que opone tonos calientes a tonos fríos. El Rojo anaranjado es el color más caliente, mientras que el azul verdoso es el color más frío. En general, el color que determina el efecto no es el color principal, sino el color que se desvía ligeramente de él. Un azul rojizo parece cálido, mientras que un rojo azulado, parece frío. Estos contrastes muestran significaciones de Sombreado/Soleado, de Tranquilo/Exitante o de Lejano/Próximo.

El contraste simultáneo es un fenómeno por el cual el ojo para un color dado exige simultáneamente el color complementario y si no lo encuentra, entonces lo produce. Por lo tanto, es una impresión coloreada que no existe en la realidad. Cada color ejerce una fuerza sobre el otro en dirección a su complementario y perdiendo ambos su esencia verdadera.

El contraste de los complementarios es el efecto de contraste más utilizado ya que dos colores complementarios ofrecen un gran contraste visual. Estos a la vez que se oponen entre sí, exigen por otro lado, su presencia recíproca, proporcionando de esta forma los contrastes más vivos.

El contraste cualitativo se basa en el grado de pureza de los colores, creando una oposición entre color luminoso y saturado frente a otro apagado y desaturado.

El contraste cuantitativo establece relaciones de tamaño en la superficie coloreada. Es una relación basada en el logro del equilibrio máximo, de tal manera que ningún color tenga preponderancia sobre otro. En este caso los dos factores determinan la fuerza de expresión de un color son la luminosidad y tamaño que ocupa en la composición o en la imagen visual. Esta es el fundamento en el que se basa el peso visual como veremos según se desarrolla esta investigación. (Arte del Color- Johannes Itten. Editorial Bouret)

ITTEN: EJEMPLOS DE CONTRATE



Figura 156

En general el contraste afecta a todas las cualidades visuales y no solo al color. Wucius Wong¹⁶¹ comenta;

“El contraste en la comparación de elementos disímiles y ayuda a identificar las formas y aumentar la variedad visual en una composición. Los aspectos de contraste no sólo incluyen la forma, el tamaño, el color, y la textura, sino también la posición, la dirección, y los efectos espaciales. La cantidad de formas utilizadas y su densidad afectan también al contraste.”

¹⁶¹ WONG, Wucius.1988. *Principios del diseño en color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

5.3.4. LA SENSACIÓN DE FORMA

Las formas aparecen con el contraste entre colores y al igual que los colores, estas nos transmiten sensaciones y nos ayuda a entender y a interactuar con nuestro entorno. Por lo tanto, la sensación de forma es también una creación mental. Los diferentes tipos de interacciones pueden ofrecernos los siguientes elementos:

5.3.4.1. El punto

El punto es la unidad mínima de perturbación en la imagen, es decir la delimitación o forma mínima. Un punto sobre la imagen puede adquirir cualquier color y su definición dependerá del contraste con su fondo. El punto dado que se establece como elemento de mínimo tamaño sobre nuestra imagen visual no posee una figura concreta y solo posee un color. En el momento justo que nos acercamos a un punto de tal forma que podemos reconocer su figura, deja de ser un punto y pasa a ser una figura¹⁶².

Según Kandinsky¹⁶³ el punto y la línea son concepciones geométricas; *“El punto geométrico es invisible, de modo que debe ser definido como un ente abstracto.”* y, *“La línea geométrica es un ente invisible. Es la traza que deja el punto al moverse y es por lo tanto su producto”*.

La continuidad lineal de puntos establece una delimitación unidimensional o línea, mientras que la continuidad superficial establece una figura bidimensional o superficie. Por lo tanto, en estos casos los puntos muestran su característica de ser las unidades mínimas de configuración de la forma (Figura 157).

En general, un punto aparece en nuestra imagen visual cuando detectamos una forma aislada en la lejanía o una forma muy pequeña en la cercanía.

EL PUNTO SIN FORMA SUPERFICIAL: CREACIÓN DE LÍNEAS Y SUPERFICIES A PARTIR DE PUNTOS

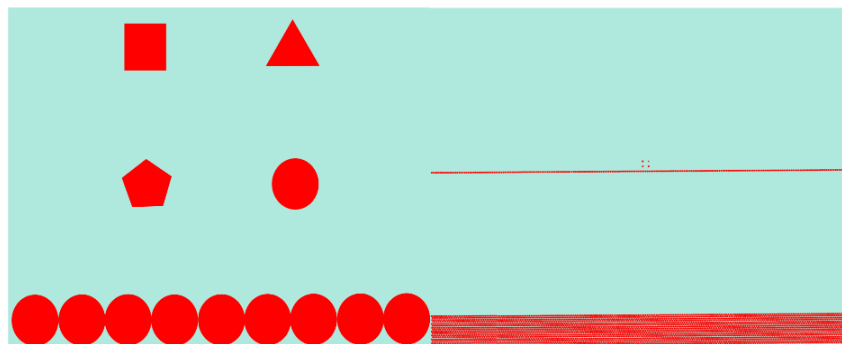


Figura 157

5.3.4.2. La delimitación plana

Cuando entre dos áreas monocromáticas aparece cierto contraste entonces aparece una delimitación en la imagen visual. Nuestro cerebro tiende a magnificar estos contrastes haciendo que las delimitaciones adquieran gran fuerza visual. Según Caivano¹⁶⁴;

¹⁶² WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

¹⁶³ KANDINSKY, Vasili Vasilievich. 1994. *Punto y línea sobre el plano*. (Barcelona: Editorial Labor)

¹⁶⁴ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

“Forma (delimitación espacial) El color y la cesía son los elementos que posibilitan, en definitiva, la percepción de la forma y de la textura. Toda vez que haya un cambio de color o de cesía podemos percibir límites o bordes en la forma, ya que a partir de dos tratamientos distintos de una superficie o de un volumen se produce algún tipo de delimitación. Si estuviéramos frente a un continuo visual donde no hubiese diferenciación de color o de cesía, no seríamos capaces de reconocer ninguna forma. Las formas están definidas por sus bordes, y el hecho de que haya un borde implica que haya un cambio visual. Es por esta noción de borde o límite que Jannelo utiliza el término “delimitación” en lugar de la polisémica palabra “forma”

La delimitación se acentúa en la sensación visual debido a la aparición de las denominadas bandas de Mach¹⁶⁵ (Figura 158). Las bandas de Mach aparecen con la inhibición lateral y son creaciones ópticas. Por ejemplo, si sobre una zona iluminada colocamos un objeto dando sombra, la línea divisoria entre ambas zonas se percibe mediante un contraste entre una estrecha banda clara en la zona en sombra y, junto a la delimitación se ve una banda oscura en la zona clara, sin embargo, si realizamos un análisis con un fotómetro mostraría que no hay tales bandas. El fotómetro registra una separación brusca y bien definida entre la zona más oscura y la más clara. Por lo tanto, lo que nosotros vemos, estas bandas de separación es un fenómeno subjetivo creado en nuestro cerebro.

BANDAS DE MACH



Figura 158

Las delimitaciones que diferencian unos colores de otros en la imagen visual, las podemos representar como líneas (Figura 159). Estas líneas se configuran como las responsables de otorgar los rasgos característicos de cada forma. En este tipo de representación de delimitaciones se basa el fundamento del dibujo lineal.

DELIMITACIONES ENTRE COLORES Y FORMAS LINEALES

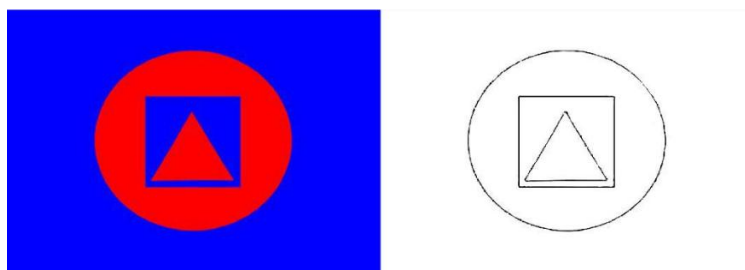


Figura 159

¹⁶⁵ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

Cuando en nuestra imagen visual aparece una forma unidimensional de poco grosor, también la entendemos como una línea. Una forma lineal aislada se conforma mediante una forma que tiene dos delimitaciones o bordes sobre un fondo. Dichos bordes establecen su grosor sobre el fondo y este puede ser fijo o variable. Según aumenta el grosor de la forma se va perdiendo su concepto lineal pasando a uno superficial (Figura 160). Visualmente entendemos una forma como línea cuando se desestima su grosor, es decir cuando se percibe como un elemento unidimensional. El eje del elemento lineal define su trayecto sobre la imagen visual independientemente de su grosor.

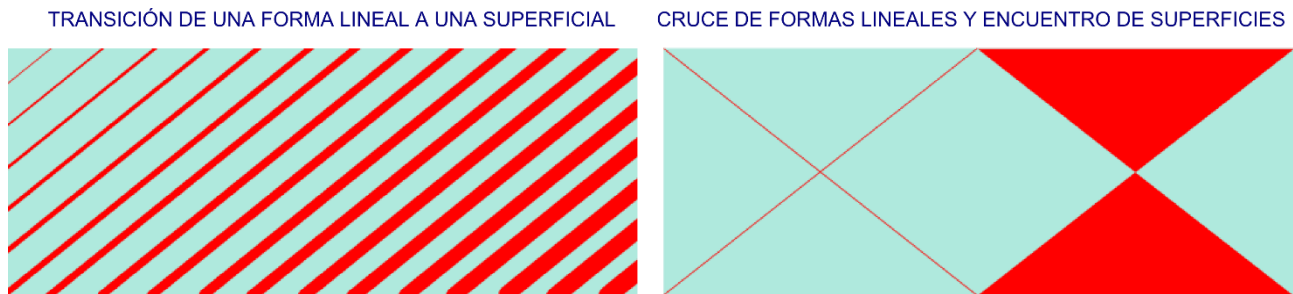


Figura 160

En el caso de interaccionar dos formas lineales, vemos que se pueden cruzar visualmente entre sí manteniendo su identidad, sin embargo cuando la delimitación se establece por conexión de superficies de color entonces las delimitaciones hacen de bordes o límites de dichas superficies y los puntos donde se encuentran se denominan vértices, no obstante las interacciones de diferentes formas superficiales, es decir dos delimitaciones pueden desarrollarse siguiendo la misma dirección a partir del vértice que las une, por lo tanto establecen una relación de continuidad que tiende a unir las en un solo límite.

Tipos de delimitaciones en el plano y sus cualidades

Como hemos visto, el trayecto de las delimitaciones a lo largo de la imagen visual es lineal, independientemente de que atiendan a la interacción de una forma lineal o a la interacción de varias formas superficiales.

A continuación, vamos a estudiar las características de conformación de los diferentes tipos de líneas. Como hemos visto, una línea se puede definir como sucesión de puntos de forma continua a lo largo de una imagen.

Cada punto perteneciente a una línea se puede representar en el plano mediante dos coordenadas rectangulares sobre los ejes de referencia ortogonales horizontal y vertical. Siendo la expresión de cada punto (x, y) . También se pueden representar mediante coordenadas polares, en el cual cada punto del plano se determina por un ángulo y una distancia respecto del centro de coordenadas. Expresado de la siguiente forma (r, θ) .

Toda delimitación está formada por una o varias líneas, y estas pueden ser rectas, curvas o combinación de ellas, en lo que denominamos poli líneas. Si la línea o poli línea es cerrada entonces conforma una figura.

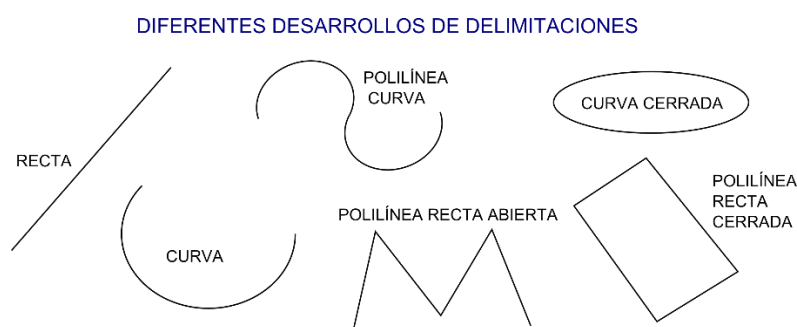
Por lo tanto, los dos tipos base de líneas son la recta y la curva. Estas líneas base se desarrollan atendiendo a diferentes relaciones matemáticas que definen sus características geométricas, es decir la variación del desarrollo de sus puntos en el plano se puede establecer y representar gráficamente de forma exacta, ya que cumplen una relación matemática o ecuación.

Cuanto más sencilla sea la relación o ecuación matemática que defina una línea sobre nuestra imagen visual, más sencillo

y directo será el proceso de captación y por consiguiente la sensación que nos transmita.

Sin embargo, no se hace necesario conocer estas relaciones para obtener la sensación de su cualidad expresiva. Por ejemplo, una línea recta, visualmente nos transmite la sensación de rectitud y no nos hace falta conocer su ecuación para obtener esa sensación. Dado que nos referimos a la sensación, la rectitud será sentida de forma análoga por cualquier persona del planeta independientemente de la cultura o del conocimiento que disponga. Algo diferente será el significado que se le dé a dicha delimitación, pero en este nivel del procesamiento no es una sensación, ya que nos encontramos ante una percepción.

Aunque, como hemos dicho, no es necesario conocer las relaciones para experimentarlas sensorialmente a continuación vamos a exponer las más comunes (Figura 161). De igual forma, vamos a ver cómo según se complica la ecuación matemática, la forma de la delimitación también se va haciendo más compleja y por lo tanto su visualización.



Delimitaciones que atienden a funciones matemáticas.

La coordenada sobre el eje horizontal o de abscisas "x" se denomina variable independiente mientras que la coordenada sobre el eje vertical o de ordenadas "y" se denomina variable dependiente¹⁶⁶. Esta relación se expresa de la siguiente forma $y=f(x)$. Cada punto de la función se define como $[x, f(x)]$. Por lo tanto, la relación que se establece entre sus coordenadas es la función y esta puede ser de diferentes tipos dando de esta forma diferentes representaciones de distribución o tipos formales de líneas o delimitaciones.

Las características de las funciones son:

Dominio y recorrido

Se llama dominio de f al conjunto de valores que toma la variable independiente, x . Se indica como $Dom f$. El dominio está formado, por tanto, por los valores de x para los que existe la función, es decir, para los que hay un $f(x)$. El recorrido es el conjunto de valores que puede tomar la variable dependiente, y , esto es el conjunto de las imágenes. Se representa como $Im f$.

Continuidad

Una función $y=f(x)$ es continua en $x=a$, sí: La función está definida en $x=a$, existe $f(a)=b$ y las imágenes de los valores próximos a a tienden a b .

Las discontinuidades se deben a que presenta un salto, que la función no está definida en ese punto, o si lo está queda

¹⁶⁶ VIZMANOS, J.R; ANZOLA, M; PRIMO, A. 1981. *Funciones 2* (Madrid: ediciones SM)

separado, hay un "agujero" en la gráfica, a que la función no está definida y su valor crece (o decrece) de forma indefinida cuando nos acercamos al punto.

Simetrías

La gráfica de algunas funciones puede presentar algún tipo de simetría. Una función es simétrica respecto al eje OY , si $f(-x)=f(x)$. En este caso la función se dice *PAR*. Mientras que una función es simétrica respecto al origen de coordenadas cuando $f(-x)=-f(x)$. En este caso la función se dice *IMPAR*.

Periodicidad

Una función es periódica cuando su valor se repite cada vez que la variable independiente recorre un cierto intervalo. El valor de este intervalo se llama periodo. $f(x+periodo)=f(x)$

Tendencia

Es el comportamiento a largo plazo de la función, puede ser: Asíntota horizontal, Tendencia lineal o Tendencia cuadrática.

Máximo y mínimo

Máximo relativo este se cumple si a la izquierda de dicho punto la función es creciente y a la derecha la función es decreciente. Mientras que Mínimo relativo se cumple si a la izquierda de dicho punto la función es decreciente y a la derecha la función es creciente.

Delimitaciones que no atienden a funciones

Cuando existe relación matemática, pero para un mismo valor de x aparecen dos o más posibilidades, entonces la relación no se define como función matemática. Sin embargo, como la delimitación o línea se puede definir de forma exacta mediante una ecuación¹⁶⁷ o fórmula matemática (expresión algébrica), será esta la relación que utilizaremos para definir una delimitación.

Para ciertos tipos de curvas, nos es interesante la utilización de ecuaciones paramétricas. Una ecuación paramétrica permite representar una o varias curvas o superficies en el plano o en el espacio, mediante valores arbitrarios o mediante una constante, llamada parámetro, en lugar de mediante una variable independiente de cuyos valores se desprenden los de la variable dependiente. En este caso, lo que se hace es elegir un dominio y una imagen diferentes, en donde la curva sí sea función. Para hacer esto, tanto x como y son considerados variables dependientes, cuyo resultado surge de una tercera variable (sin representación gráfica) conocida como *parámetro*.

Cuando la delimitación no atiende a ninguna relación matemática entonces se puede descomponer en partes de tal forma que el conjunto de todas ellas sí pueda definirlo. Por lo tanto, en el caso de querer definir la totalidad de una delimitación irregular podríamos dividir la delimitación o polilínea en todas las partes necesarias de tal forma que cada uno de ellos pueda ser descrito o atienda a una relación matemática concreta.

A la hora de estudiar los diferentes tipos de delimitaciones básicas y las relaciones a las que atienden, en un primer lugar vamos a distinguir entre delimitaciones abiertas y delimitaciones cerradas. La delimitación abierta, de forma general cruza la imagen visual por lo que no solemos ver ni su inicio ni su final mientras que la delimitación cerrada (crea una

¹⁶⁷ BURGOS ROMAN, Juan de. 1989. *Curso de Algebra y Geometría* (Madrid: Editorial Alhambra)

figura) aparece entera en la imagen visual y se cierra en sí misma por lo que podemos decir que no tiene inicio ni final (Figura 162).

DELIMITACIONES EN EL MARCO VISUAL

DELIMITACIONES QUE SALEN DEL MARCO VISUAL

DELIMITACIONES CERRADAS

DELIMITACIONES ABIERTAS Y FORMAS LINEALES

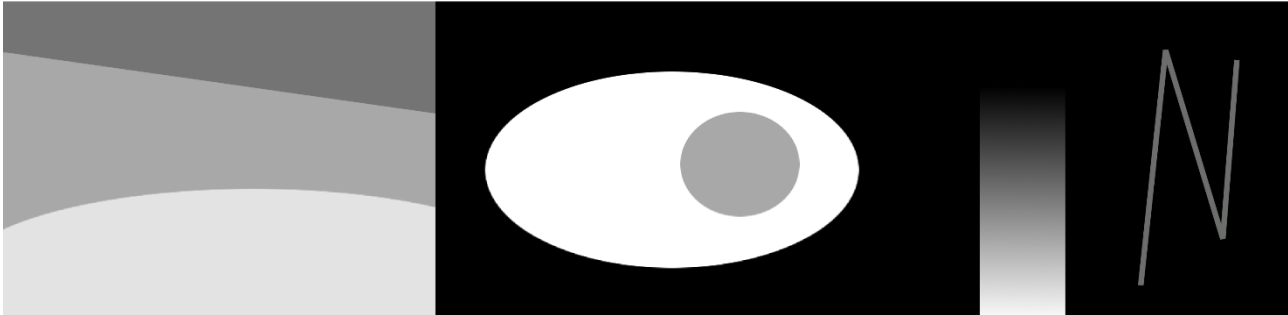


Figura 162

No obstante, también podemos ver delimitaciones abiertas y completas en nuestra imagen visual. Existen dos formas; la primera a través de formas lineales y la segunda en la composición de degradados.

Una delimitación superficial delimita dos partes y por lo tanto es límite de una parte y límite también de la otra. Un vértice que divide dos partes en principio pertenecería a este caso, pero podemos encontrarnos con vértices que dividen en tres o más partes, por lo que estos puntos se entienden como límites múltiples (Figura 163).

CONFORMACIÓN DE UN VERTICE Y DUALIDAD DE LAS DELIMITACIONES



Figura 163

Vamos a empezar a estudiar las delimitaciones abiertas:

Delimitaciones abiertas

Son aquellas delimitaciones que no se cierran sobre sí mismas en la imagen visual, es decir atienden a una relación abierta.

Delimitación o Línea Recta: Una delimitación es recta cuando su desarrollo se distribuye de forma uniformemente constante o proporcional respecto los ejes de referencia visuales. Por lo tanto, atiende a una relación constante o de proporcionalidad directa. Dicho de otra forma, una recta es una línea continua de una dimensión, que mantiene siempre la misma dirección.

-Horizontal: La variación de la distribución se mantiene constante en el eje de referencia visual horizontal. Coordenada vertical se establece siempre constante de la forma: $y=a$ (función constante)

En función de "a" desplazaremos la línea. Cuando "a" sea mayor se desplazará hacia arriba y cuando sea menor se desplazará hacia abajo.

-Vertical: La variación de la distribución se mantiene constante en el eje de referencia visual vertical. Coordenada horizontal se establece siempre constante de la forma: $x=a$ (Es una relación y no, una función, ya que hay más de una "y" para "x=a"; no obstante se podría expresar también como una función de y, asociando y tiende a $f(y)$ y en este caso, cada punto de la recta se definiría como $[f(y), y]$). En función de "a" desplazaremos la línea, de tal forma que cuando "a" sea mayor se desplazará hacia la derecha y cuando sea menor se desplazará hacia la izquierda.

-Inclinada: La variación de la distribución mantiene una proporción directa de la siguiente forma: $y=ax+b$ (función polinómica de primer grado), donde "a" representa la pendiente o inclinación de la recta y "b" la ordenada en el origen. Cuando "a" es positiva la recta se eleva de izquierda a derecha, mientras que cuando "a" es negativa la inclinación se eleva de derecha a izquierda. Cuando "a" se aproxima a 1 la inclinación se aproxima a 45° (si además $b=0$ entonces función identidad), mientras que si "a" adopta el valor de 0 nos encontramos en el caso primero de línea horizontal y cuando "a" va creciendo la línea va haciéndose cada vez más vertical.

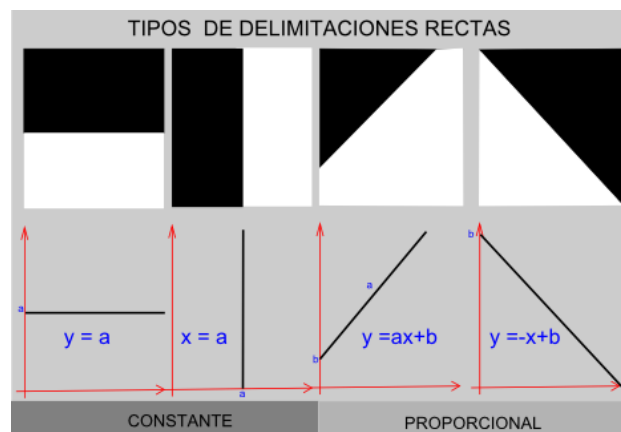


Figura 164

- Delimitación o Línea Curva: Una delimitación se ve curva cuando su trayecto es uniformemente variable (cumpliendo una relación, sin ser constante, ni proporcional) sobre los ejes de referencia de la imagen visual. Dicho de otra forma, una curva es una línea continua de una dimensión, que varía de dirección paulatinamente.

Dependiendo de la función a la que atienda cada curva será diferente. Las curvas más comunes son aquellas que pertenecen a la familia de las secciones cónicas donde podemos encontrar: La hipérbola, la parábola, la elipse y la circunferencia (las dos últimas son curvas cerradas y veremos más adelante) (Figura 165). Todas estas curvas¹⁶⁸ se definen por la relación: $ax^2+bx+cy^2+dx+ey+f=0$

¹⁶⁸ VIZMANOS, J.R; ANZOLA, M; PRIMO, A. 1981. *Funciones 3* (Madrid: ediciones SM)

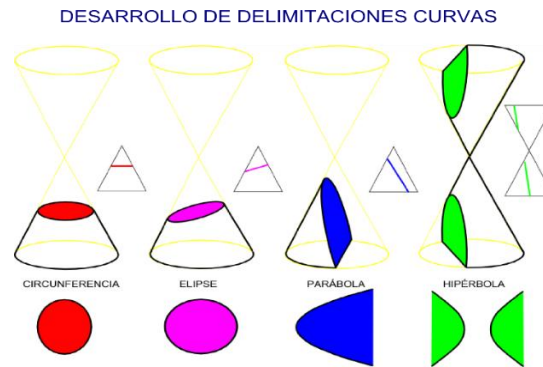


Figura 165

También podemos encontrar otros tipos de curvas abiertas singulares como por ejemplo las espirales. Pasamos a estudiar detenidamente cada una de estas curvas:

Hipérbolas:

Una hipérbola es una sección cónica, una curva abierta de dos ramas obtenida cortando un cono recto por un plano oblicuo al eje de simetría, y con ángulo menor que el de la generatriz respecto del eje de revolución (Figura 166). Atiende a una función racional del tipo $y = (a_0+a_1x+a_2x^2+...a_nx^n) / (b_0+b_1x+b_2x^2+...b_mx^m)$

El ejemplo más sencillo es cuando la relación entre las coordenadas es de proporción inversa entonces la expresión es curva en vez de recta es en forma es de hipérbola. Esta atiende a una función del tipo; $y = k/x$

Es discontinua para $x=0$. Sus asíntotas son los ejes de coordenadas. Una asíntota se puede describir como la línea recta que se aproxima muy cercanamente a una curva, pero nunca la toca conforme la curva avanza hacia el infinito en una dirección.

Es doblemente simétrica. Las dos curvas que se generan son simétricas respecto de las asíntotas. Cada curva es simétrica en sí misma.

La hipérbola se puede trasladar, rotar y escalar. La Traslación o desplazamiento puede ser:

Vertical; $y = (k/x)+a$; Según aumenta "a" se desplaza hacia arriba y según disminuye se desplaza hacia abajo. Horizontal; $y = k/(x+b)$; Según aumenta "b" se desplaza hacia la izquierda y según disminuye se desplaza hacia la derecha.

Diagonal (oblicua); Es una combinación de las anteriores; $y = [k/(x+b)]+a$.

Rotación o giro: Giro de 90°; En este caso donde, la hipérbola atiende a $y = k/-x$ (ó $x = k/y$).

Otros giros; Al ser la hipérbola un lugar geométrico perteneciente a la familia de las secciones cónicas cuya ecuación general es: $ax^2+bxy+cy^2+dx+ey+f=0$ y la hipérbola en su forma general es: $ax^2-cy^2+dx+ey+f=0$. Como podemos observar, lo que caracteriza a la hipérbola es la diferencia del signo en los términos cuadráticos.

No obstante, mediante traslaciones y rotaciones es posible hallar un sistema de referencia en el que la ecuación anterior se exprese mediante una fórmula algebraica de la forma $(a_0+a_1x'+a_2x'^2+...a_nx'^n) / (b_0+b_1x'+b_2x'^2+...b_mx'^m)=0$.

Escala: Según aumenta "k" la hipérbola se dilata, según disminuye encoge.

HIPÉRBOLAS

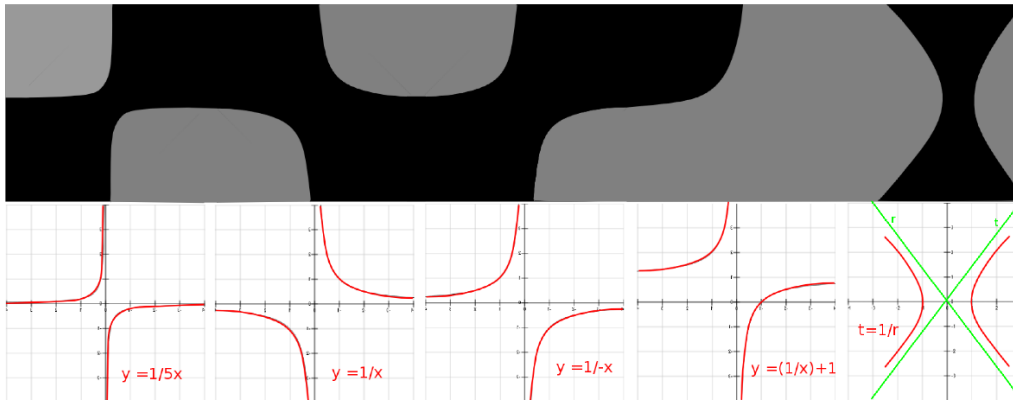


Figura 166

Parábolas:

Una parábola es la sección cónica resultante de cortar un cono recto con un plano cuyo ángulo de inclinación respecto al eje de revolución del cono sea igual al presentado por su generatriz (Figura 167).

Una parábola representa una relación que atiende a una función polinómica de segundo grado (cuadrática), de la forma $y = ax^2 + bx + c$. Siendo "a" distinto de 0, ya que en tal caso sería una recta.

La parábola más sencilla es la potencial $y = x^2$, la cual tiene forma de "U" con un mínimo en el centro de coordenadas. Esta parábola es una curva simétrica respecto del eje formado por su mínimo y la vertical.

La parábola al igual que la hipérbola se puede trasladar, rotar y escalar;

Traslación o desplazamiento: Vertical; $y = x^2 + c$; Según aumenta "c" se desplaza hacia arriba y según disminuye se desplaza hacia abajo. Horizontal; $y = (x+h)^2$; Según aumenta "h" se desplaza hacia la izquierda y según disminuye se desplaza hacia la derecha. Diagonal (oblicua); Es una combinación de las anteriores; $y = (x+h)^2 + c$.

Rotación o giro: Giro de 180°; La parábola hacia abajo "∩" atiende a la función $y = -x^2$. Giro de 90 °; En el caso de parábolas horizontales del tipo "C" o "D" atienden a las relaciones (no funciones) $x = y^2$ ó $x = -y^2$. Otros giros; Otros ángulos de giro complica la ecuación al tipo: $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$ (siempre que $b^2 - 4ac = 0$ y "a" y "c" no sean nulos simultáneamente). No obstante, mediante traslaciones y rotaciones es posible hallar un sistema de referencia en el que la ecuación anterior se exprese mediante una fórmula algebraica de la forma $ax'^2 + bx' + c = 0$, donde "a" es distinto de cero.

Escala: Según aumenta "a" la parábola se dilata, según disminuye encoge.

PARÁBOLA

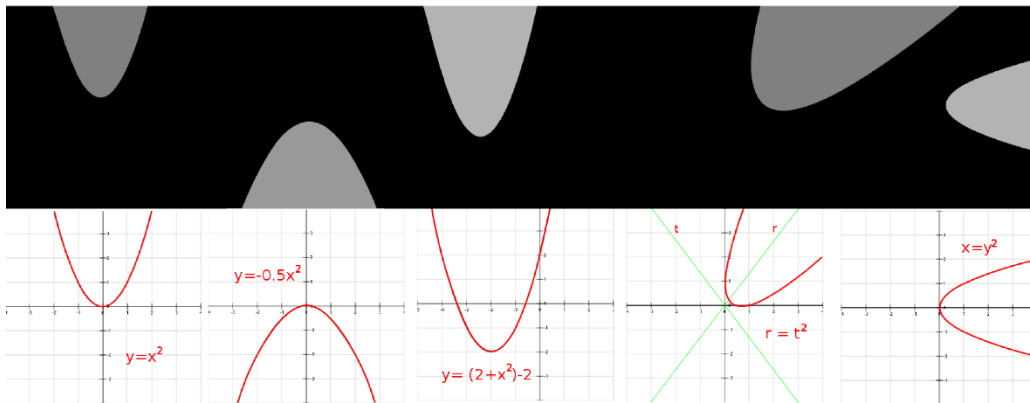


Figura 167

Curvas polinómicas de 3er grado y superiores:

En general según aumenta el grado del polinomio la curva (en forma de parábola) se va asentando sobre el eje x a la vez que acercándose a la paralela sobre el eje y.

Curvas polinómicas de tercer grado:

Son relaciones que atienden a $ax^3+bx^2+cx+d=0$. La más sencilla es la potencial $y=x^3$. A parte de asentarse y hacerse vertical, es asimetría respecto del cuadrante negativo. Esto sucede cuando la potencia es impar.

Curvas polinómicas de cuarto grado:

Son relaciones que atienden a $ax^4+bx^3+cx^2+dx+e=0$. La más sencilla es la potencial $y = x^4$. Vuelve a ser simétrica y vuelve a asentarse y a hacerse un poco más vertical.

Curvas polinómicas de grados superiores:

Estas relaciones mantienen la regla del asentamiento y verticalidad, así como la rotación simetría-asimetría.

Curvas radicales:

Aparecen cuando la relación entre las coordenadas es función de una raíz (Figura 168). Pueden ser de índice par o impar.

El tipo más sencillo par es; $y = \sqrt{x}$. En realidad es un caso potencial ya que $y= x^{1/2}$. En los casos $y=\sqrt{x}$; $y=\sqrt{x^2}$; $y=\sqrt{x^3}$ podemos observar como la curva cambia pasando por ser una recta. En los casos $y = \sqrt{x}$; $y = \sqrt[3]{x}$, $y = \sqrt[50]{x}$ la curva va haciéndose rectangular (análogo al caso que vimos de las polinómicas pero la curva girada en "r")

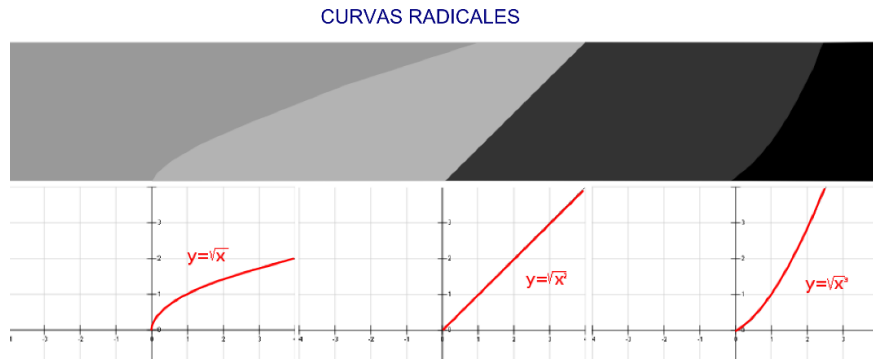


Figura 168

Curvas exponenciales:

Este tipo de curva atiende a la función general; $y = a^x$ donde "y" es una función en base "a" de exponente "x" (Figura 169).

Para $a=1$ es una línea horizontal, es decir $y=1$ constante. Para $a>1$ es una curva que se eleva hacia el eje de coordenadas por la derecha. Según aumenta a la curva se va doblando más desde el eje horizontal hacia el eje vertical. Para $a<1$ es una curva que se eleva hacia el eje de coordenadas por la izquierda. Según aumenta a la curva se va doblando más desde el eje horizontal hacia el eje vertical. Para "a" negativo se hace simétrica respecto del eje de abscisas. Si hacemos $x = a^y$ entonces giramos la representación 90° . Si hacemos $y = \log x$ obtenemos también una curva de la forma; "∩" que se modifica haciéndose simétrica para las potencias pares "∩".

CURVAS EXPONECIALES

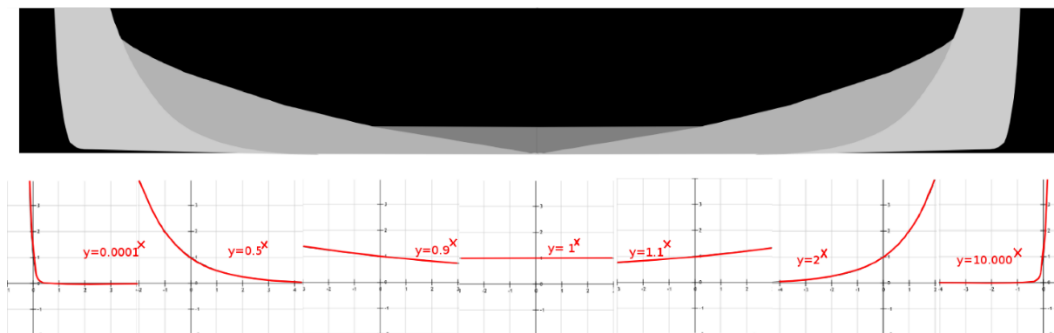


Figura 169

Curvas trigonométricas:

Este tipo de curvas aparece cuando la relación atiende a una función trigonométrica del tipo seno, coseno, tangente, secante, cosecante y cotangente (Figura 170).

Estas funciones tienen la característica de ser periódicas. Es decir la curva se va repitiendo a lo largo del gráfico.

Estas funciones tienen ciertas relaciones entre ellas: Seno y coseno son la misma curva desplazada en el eje de la "x". De igual forma pasa con secante y cosecante, así como con tangente y cotangente donde además son simétricas. La forma de la onda en estas curvas se encoge o estira en función de los factores que actúen sobre "x".

CURVAS TRIGONOMÉTRICAS

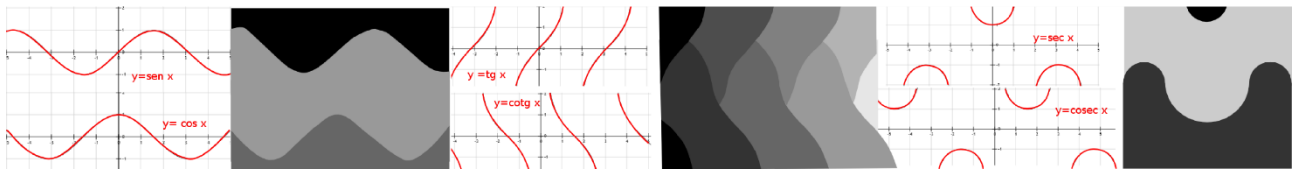


Figura 170

Curvas combinación de relaciones o funciones:

La infinidad de combinaciones de relaciones o de funciones entre sí, hace a su vez infinita las posibilidades de curvas representables. Presentamos algunos ejemplos:

La curva semi-circular atiende a una función totalmente regular. En el caso de centro el eje de coordenadas y radio la unidad atiende a la siguiente relación; $y = \sqrt{1-x^2}$. Como vemos es una combinación de función radical y polinómica (Figura 171). Su función representa media circunferencia con su diagonal apoyada en el eje x. La ecuación de la circunferencia donde aparece la figura de la circunferencia la trataremos más adelante.

OTRAS CURVAS

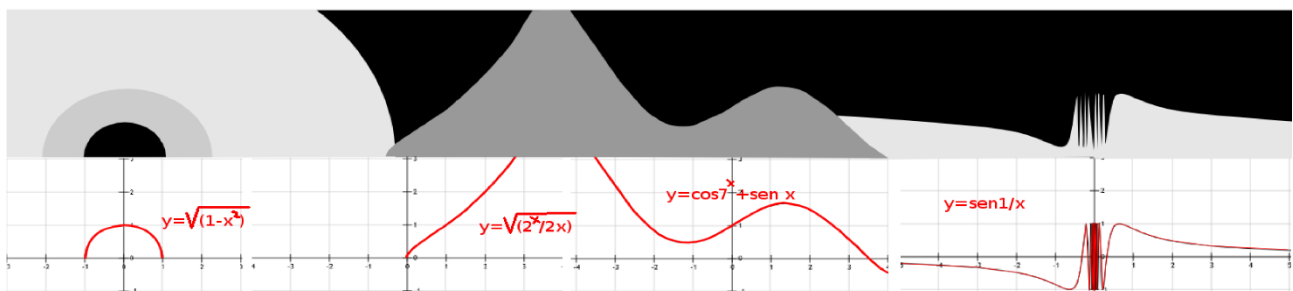


Figura 171

Ejemplos de otras curvas que atienden a combinaciones pueden ser; $y = \sqrt{2^x/2x}$; $y = \cos 7^x + \sin x$, o el caso de ; $y = \sin 1/x$.

La espiral:

Una espiral es una línea curva generada por un punto que se va alejando progresivamente del centro a la vez que gira alrededor de él (Figura 172). Normalmente se define con una función que depende de dos valores: el ángulo del punto respecto a un eje de referencia, y la distancia desde este punto al centro, situado en el vértice del ángulo.

"Espiral" y "hélice" son dos términos que se confunden fácilmente. Una espiral suele ser plana (como el surco de un disco de vinilo). Una hélice, en cambio, siempre es tridimensional. Es una línea curva continua, con pendiente finita y no nula, que gira alrededor de un cilindro, un cono o una esfera, avanzando en las tres dimensiones (como el borde de un tornillo).

Dado que la espiral es una curva abierta y no cierra la delimitación, entonces suele aparecer en degradados, en la combinación de dos o más espirales superficiales o como elemento singular lineal.

DIFERENTES TIPOS DE ESPIRALES



Figura 172

Las espirales bidimensionales más conocidas son:

La espiral de Arquímedes: Su característica es que es constante en la diferencia de los radios. En coordenadas polares (r , θ) la espiral de Arquímedes puede ser descrita por la ecuación siguiente: $r = a + b\theta$ siendo "a" y "b" números reales. Cuando cambia el parámetro "a", la espiral gira, mientras que "b" controla la distancia en giros sucesivos. La espiral de Arquímedes se puede trazar dentro de una circunferencia y conforme va creciendo se va alejando un arco de otro. Esta curva se distingue de la espiral logarítmica por el hecho de que en vueltas sucesivas de la misma tienen distancias de separación constantes. (Iguales a $2\pi b$ si θ es medido en radianes), mientras que en una espiral logarítmica la separación está dada por una progresión geométrica. Hay que notar que la espiral de Arquímedes tiene dos brazos, uno para $\theta > 0$ y otro para $\theta < 0$. Los dos brazos están discretamente conectados en el origen y sólo se muestra uno de ellos en la gráfica. Tomando la imagen reflejada en el eje y produciremos el otro brazo.

A veces, el término es usado para un grupo más general de espirales es $r = a + b\theta^{1/x}$. La espiral normal ocurre cuando $x = 1$. Otras espirales que caen dentro del grupo incluyen la espiral hiperbólica, la espiral de Fermat, y el Lituus. Virtualmente todas las espirales estáticas que aparecen en la naturaleza son espirales logarítmicas, no de Arquímedes. Muchas espirales dinámicas (como la espiral de Parker del viento solar, o el patrón producido por una rueda de Catherine) son del grupo de Arquímedes.

La espiral logarítmica: Esta se define por que es constante en el crecimiento de su radio. Una espiral logarítmica, espiral equiangular o espiral de crecimiento es una clase de curva espiral que aparece frecuentemente en la naturaleza. Su nombre proviene de la expresión de una de sus ecuaciones: $\theta = \log_b(r/a)$.

La espiral logarítmica se distingue de la espiral de Arquímedes por el hecho de que las distancias entre sus brazos se incrementan en progresión geométrica, mientras que en una espiral de Arquímedes estas distancias son constantes. En coordenadas polares (r , θ) la fórmula de la curva puede escribirse como: $r = ab^\theta$, o bien, $\theta = \log_b(r/a)$ de aquí el nombre "logarítmica" con números reales positivos a y b . Donde "a" es un factor de escala que determina el tamaño de la espiral, mientras "b" controla cuan fuerte y en qué dirección está enrollada. Para $|b| > 1$ la espiral se expande con un incremento θ , y para $|b| < 1$ se contrae.

Cualquier línea recta al origen cortará a la espiral logarítmica con el mismo ángulo α , que puede calcularse (en radianes) como $\arctan(1/\ln(b))$. El grado de la espiral es el ángulo (constante) que la espiral posee con circunferencias centradas en el origen. Puede calcularse como $\arctan(\ln(b))$. Una espiral logarítmica de grado 0 ($b = 1$) es una circunferencia; el caso límite es una espiral logarítmica de grado 90 ($b = 0$ o $b = \infty$) es una línea recta desde el origen.

Comenzando en un punto P y moviéndose hacia dentro, a lo largo de la espiral, hay que rodear el origen infinitas veces antes de alcanzarlo; sin embargo, la distancia total de este camino es finita. El primero en darse cuenta de esto fue

Torricelli incluso antes de que se ideara el cálculo infinitesimal. La distancia total es $r/\cos(\alpha)$, donde r es la distancia en línea recta desde P al origen. Se pueden construir espirales logarítmicas de grado 17,03239 utilizando la sucesión de Fibonacci o la proporción áurea.

La espiral hiperbólica: Una espiral hiperbólica es una Curva Plana trascendental, también conocida como espiral recíproca. Se define por la ecuación polar: $r\theta = a \rightarrow r = a/\theta$. Es la inversa de la Espiral de Arquímedes. Comienza en una distancia infinita del polo central (para θ comenzando desde cero, $r = a/\theta$ comienza desde el infinito), y se enrolla cada vez más rápidamente mientras se aproxima al polo central, la distancia de cualquier punto al polo, siguiendo la curva, es infinito.

La espiral parabólica o de Fermat: La espiral de Fermat, denominada así en honor de Pierre de Fermat y también conocida como espiral parabólica, es una curva que responde a la siguiente ecuación: $r = +\theta^{1/2}$. Es un caso particular de la espiral de Arquímedes.

La espiral clotoide: La clotoide, también denominada radioide de arcos o espiral de Cornú, es una curva tangente al eje de las abscisas en el origen y cuyo radio de curvatura disminuye de manera inversamente proporcional a la distancia recorrida sobre ella. Es por ello que en el punto origen de la curva, el radio es infinito. Espiral de Cornu o clotoide o clotoide $(x,y)=(C(t), S(t))$. La espiral converge al centro de los dos remolinos extremos de la imagen, a medida que t tiende a más infinito y menos infinito. La espiral de Cornu tiene la propiedad de que su curvatura en cualquier punto es proporcional a la distancia a lo largo de la curva medida desde el origen. La curva que une la recta y la circunferencia es la clotoide. Se caracteriza por variar su curvatura desde la recta (curvatura = 0) hasta la de la circunferencia con curvatura dada. La expresión matemática usual es: $p \cdot s = C^2$, siendo; p = el radio de curvatura, s = el desarrollo o arco la constante de la espiral

Delimitaciones abiertas limitadas (segmentos y arcos)

Cuando sus límites quedan dentro de la imagen visual, están conformadas por formas lineales quedando sus delimitaciones cerradas en sus extremos o por delimitaciones en degradados de color (Figura 173). La definición matemática de la trayectoria de estos segmentos lineales se realiza de la misma forma que las rectas y las curvas pero en este caso acotada en dos puntos que definen sus límites. Cuando atienden a una recta se denominan segmentos y cuando atienden a una curva circular se denominan arco.



Figura 173

Las delimitaciones planas que se salen de nuestro campo visual, se pueden entender como indefinidas o ilimitadas, ya que traspasan los márgenes del marco de la imagen visual y no se visualiza su desarrollo posterior. Estas delimitaciones igualmente pueden ser simples o estar formadas por varias formando polilíneas.

Polilínea abierta

Una polilínea es una línea compuesta por varias líneas de tal forma que se conectan en sus extremos. La conexión puede crear un vértice o una tangencialidad.

Vértices entre líneas rectas:

La conexión entre dos rectas es siempre mediante vértice, ya que dos rectas nunca pueden ser tangenciales, en todo caso pueden ser paralelas pero en esta situación nunca formarían una polilínea ellas dos solas (Figura 174).

Nos encontramos con un vértice en el punto donde una delimitación cambia su relación lineal matemática a otro tipo de relación lineal, es decir en el punto donde coincide y cambia la delimitación de una función lineal a otra.

Los encuentros entre líneas rectas crean un ángulo interior, inferior a 180°, y otro exterior superior a 180°, de tal forma que entre ellas de tal forma que los dos suman 360°. En el caso de que el ángulo fuera exactamente 180° no se produciría cambio o variación en la función lineal, es decir en esta situación no se considera la existencia de un vértice en ese punto.

En función del ángulo interior, el encuentro entre líneas rectas puede ser recto, es cuando el ángulo coincide con 90°, agudo, cuando es menor de 90°, u obtuso que es cuando es mayor de 90°.

El caso especial de 90° este sitúa las dos delimitaciones en posición perpendicular, con su consecuente ángulo exterior de 270°. La perpendicularidad establece la mayor variabilidad de dirección entre dos delimitaciones. La perpendicularidad se utiliza como referencia para establecer ejes, ya que sobre estos se pueden organizar de forma homogénea los espacios bidimensionales y tridimensionales.

ENCUENTROS ENTRE DELIMITACIONES RECTAS

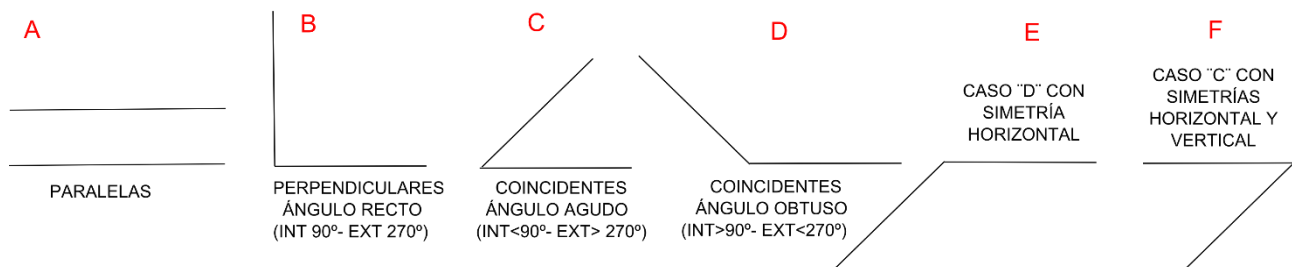


Figura 174

El caso opuesto a la perpendicularidad es el paralelismo, en este caso la dirección de las delimitaciones coinciden totalmente. Si no tienen puntos coincidentes entonces se dice que las líneas son paralelas y nunca se encontrarán en un vértice, por lo que se entienden como dos elementos diferentes con una relación de igualdad. Aunque el paralelismo es una relación tan característica que se capta instantáneamente con la visión, en nuestra visión de la profundidad deformamos el espacio y dos líneas paralelas pueden llegar a coincidir en un punto (de fuga) de nuestra imagen visual. En el caso de que dos líneas paralelas tengan un punto en común entonces estas coincidirán pudiéndose entender como una sola línea. Por otro lado, existen ángulos característicos que atienden a diferentes proporciones matemáticas.

De igual forma que dos delimitaciones rectas pueden coincidir en un punto, pueden coincidir más. En este caso los 360° de desarrollo del espacio plano, se completa con la suma de los ángulos entre delimitaciones que confluyen en el vértice. El número de ángulos es igual al número de delimitaciones que confluyen en dicho punto. En estas situaciones son característicos los ángulos que aparecen de dividir los 360° entre el número de delimitaciones creando relaciones

regulares entre ellas.

Cuando coinciden varias líneas en un punto entonces el conjunto de estas no se considera polilínea, sino más bien una agrupación lineal en un punto. En este caso, se suelen asociar o agrupar las delimitaciones que separan la misma superficie coloreada. Dado que una delimitación al separar dos superficies se puede entender como perteneciente a ambas. En este caso, se mantiene la dualidad entre las diferentes delimitaciones como vimos.

Combinación de curvas:

Cuando dos líneas curvas coinciden en un punto puede aparecer una tangencia o un vértice. La derivada de una curva en un punto es una recta que se denomina tangente. La tangencia entre dos curvas aparece cuando no existe variación brusca en el punto donde se encuentran, es decir cuando las derivadas de ambas funciones en ese punto son iguales (Figura 175). Las tangencias donde no se aprecia vértice pueden ser por continuidad (cóncava - cóncava) o por inflexión (cóncava-convexa), cuando la tangencia es convexa-convexa crea un vértice apreciable.

TANGENCIAS EN DELIMITACIONES CURVAS

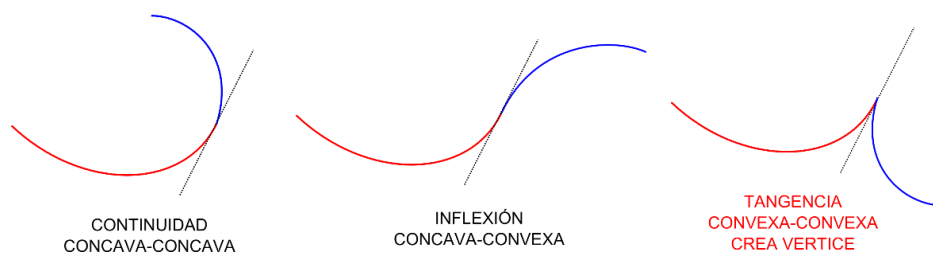


Figura 175

Según Wucius Wong¹⁶⁹ la curva en S es en realidad dos curvas en C; “Una línea que se inflexiona en una sola dirección produce una curva en C. El otro tipo de curva, curva en S, se produce cuando una línea se flexiona en ambas direcciones. La curva en S es de hecho dos curvas en C unidas que tienen sentidos opuestos”.

A parte de este último caso, cuando dos curvas coinciden en un punto y no son tangentes entonces aparece un vértice (Figura 176). El vértice se puede desarrollar de tres formas, cóncavo-cóncavo, convexo-convexo y cóncavo-convexo. Los ángulos que definen la relación entre ambas curvas se determinan por la relación angular entre sus derivadas en ese punto.

VÉRTICES EN DELIMITACIONES CURVAS

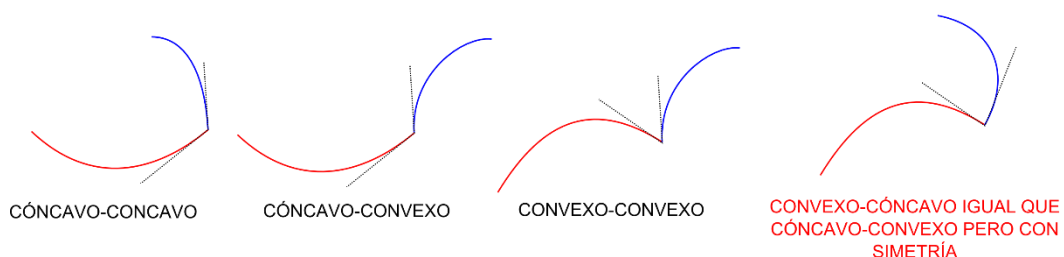


Figura 176

De la misma forma que más de dos rectas pueden confluir en un punto, varias curvas pueden concurrir en un punto

¹⁶⁹ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

pudiendo ser por tangencia, creando un vértice o ambas interacciones a la vez.

Combinación de rectas y curvas:

Una recta y una curva también pueden confluir en un punto mediante una tangencia o creando un vértice (Figura 177). La tangencia aparece cuando la derivada de la curva en el punto de encuentro coincide con la recta con la que se une. Cuando en la intersección no hay tangencia entonces se forma un vértice.

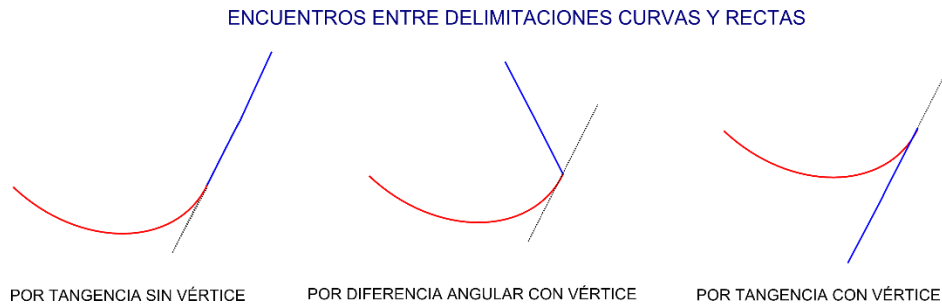


Figura 177

Unión consecutiva de varias curvas y rectas:

Cuando un segmento lineal está conectado en sus dos extremos mediante vértices y tangencias a otros dos segmentos lineales entonces se considera una agrupación polilineal. Esta relación de unión consecutiva a partir de sus vértices y tangencias puede llegar a ser infinita. Produciendo todo tipo de polilíneas. Cuando el segmento inicial y final no coinciden en un punto, entonces se considera la polilínea abierta. Cuando la polilínea se cierra no existiendo ningún vértice, ni tangencia con la consideración de inicial o final entonces se considera como polilínea cerrada. Una polilínea cerrada conforma una figura, ya que delimita un contorno superficial otorgándole unicidad formal.

Delimitaciones cerradas o figuras.

Su desarrollo no puede definirse mediante una sola función matemática. Esto se debe a que al cerrarse delimitan una superficie y representan otro tipo de elementos geométrico que se denominan figuras. No obstante cuando cumplen relaciones geométricas matemáticas se pueden definir mediante una ecuación o un grupo de funciones que definen el desarrollo a partir de cada vértice o tangencia.

La circunferencia y la elipse:

La circunferencia es la figura regular por excelencia. No existe ninguna figura más regular que esta, ya que no tiene vértices y en todo su desarrollo mantiene exactamente la misma variación. Por lo tanto, no es una polilínea, es una única línea cerrada que mantiene en todos sus puntos las mismas relaciones. Estas condiciones proponen a la circunferencia como imagen de referencia y de comparación a la hora de establecer la regularidad de cualquier otra figura.

Por otro lado, dado que la circunferencia cubre una superficie, atiende a una ecuación matemática concreta¹⁷⁰. La ecuación circular es un caso especial de la elipse donde los dos focos coinciden en un solo punto, es decir en su centro (Figura 178). La función de una elipse situada en el centro de coordenadas se define de la siguiente forma; $(x^2/a^2) +$

¹⁷⁰ VIZMANOS, J.R; ANZOLA, M; PRIMO, A. 1981. *Funciones 3* (Madrid: ediciones SM)

$(y^2/b^2) = 1$. Expresada de esta forma la ecuación completa totalmente su desarrollo y su representación visual queda perfectamente definida. La ecuación expresada de forma polar atiende a $r^2 - 2c r \cos(t-a) + c^2 = R^2$. Para una circunferencia con centro en $C(c,a)$ y radio R .

CIRCUNFERENCIA Y ELIPSE

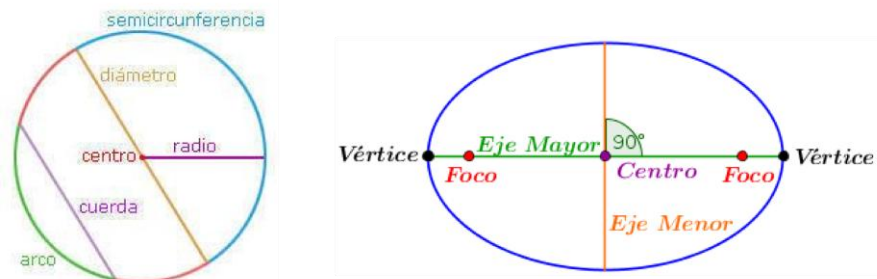


Figura 178

Polilíneas cerradas:

Una polilínea cerrada es una polilínea que no tiene ni comienzo, ni final, es decir se cierra en si misma creando una figura que puede adoptar más o menos regularidad.

Los tipos de polilíneas cerradas pueden ser de diversos tipos:

- Formadas por solo líneas rectas
 - Polígonos regulares
 - Polígonos irregulares
- Formadas solo por líneas curvas
 - Con vértices
 - Tangenciales
- Formadas por la combinación de líneas rectas y líneas curvas.
 - Figuras compuestas regulares
 - Figuras compuestas irregulares

Polígonos

Los polígonos se determinan definiendo su forma (figura) y describiendo como se insertan en la imagen visual. La forma o figura de cada polígono se define por el número de lados (vértices), la relación entre sus ángulos y la relación entre lados. Una vez determinada la forma del polígono se define sobre una imagen por su tamaño, su posición y su orientación en esta.

Definición de la figura de un polígono

La figura de un polígono queda totalmente definida con la determinación de los siguientes elementos y relaciones:

Numero de lados y vértices: En los polígonos la primera variable dimensional que vamos a tener en cuenta en su definición será el número de lados que posea la figura. En un polígono el número de lados coincide con el número de vértices, por lo tanto será indistinto hablar del número de uno u otro porque siempre coinciden. Un polígono tiene un mínimo de tres lados, sin embargo figuras de trayectos curvos pueden tener menos es decir dos o como el caso de la circunferencia uno. El número máximo se puede considerar infinito.

Relaciones entre ángulos: En torno a la relaciones entre los ángulos de una polígono, vamos a estudiar su variabilidad midiendo los ángulos internos que aparecen entre las líneas rectas que unen sus vértices (Figura 179). Decimos que dos ángulos internos, son iguales cuando coinciden, y su variabilidad máxima se determina cuando la diferencia entre sus ángulos se aproxima 360° (a no ser un triángulo que su máximo se aproxima a 180°).

En un polígono podemos calcular la suma de ángulos internos de todo polígono mediante; $S_a = (n-2) \cdot 180$. Siendo; $n =$ el número de lados o vértices.

ÁNGULOS



Figura 179

Relaciones entre lados: Por otro lado, vamos a tener en cuenta otra variable dimensional de la figura; las relaciones entre sus lados (Figura 180). Generalmente, estas relaciones, están directamente relacionadas con las relaciones entre ángulos. Aunque existen casos donde manteniendo las relaciones angulares puede existir diversidad formal. Por ejemplo, un triángulo no tiene posibilidad de cambiar las relaciones entre sus lados sin cambiar las relaciones entre sus ángulos, sin embargo en los rectángulos donde todos tienen las mismas relaciones entre sus ángulos pueden adoptar diferentes proporciones entre sus lados que los configuran a cada uno de forma diferente.

Si la figura se mantiene igual, aunque sufra una operación como puede ser la rotación o la escala entonces no se interpreta que exista variación en la delimitación. Lo mismo sucede con la relación entre ángulos. Es decir la figura es la misma, aunque exista cambio de tamaño, posición u orientación, ya que estos cambios se estudian en la inserción de la figura sobre la imagen.

CAMBIO DE RELACIÓN ENTRE LADOS MANTENIENDO LOS ANGULOS Y TRAYECTORIAS

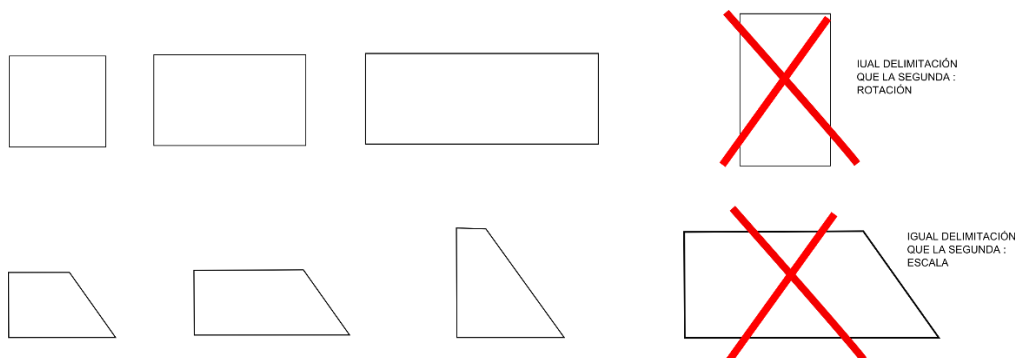


Figura 180

Los lados de un polígono están limitados de tal forma que la suma de sus lados tiene que ser siempre igual al perímetro. Por lo tanto; $P_p = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$. Siendo, P_p =Perímetro polígono L = lado y n el número de lados.

Definición de la inserción de una figura en una imagen

Determinación del tamaño: El tamaño de una figura queda determinado por comparación. En una imagen, el tamaño visual de una figura queda definido por su relación respecto al tamaño de su marco visual. Si determinamos por ejemplo el tamaño de la imagen visual como la unidad, el tamaño de la figura será la igual a la parte que este ocupa en esta. Cuando la figura queda dentro de la imagen visual, su tamaño es menor de uno y se puede determinar exactamente por comparación y si es más grande entonces queda como un valor superior e indeterminado. De igual forma, se pueden establecer otras referencias para determinar el tamaño de las figuras, por ejemplo se pueden referenciar a magnitudes métricas y en este caso se referencia la figura a una magnitud física y no visual, no obstante al compararse la figura con la referencia quedará su tamaño igualmente definido.

Determinación de la posición: La posición de cada figura se establece mediante su centro de gravedad (ver peso visual) respecto los ejes que definen la imagen (5.3.4.2↔6.1.7.2). Por lo tanto, el centro de gravedad será un punto que se describe mediante unas coordenadas x e y respecto de los ejes de coordenadas (C.G). El cambio de posición de una figura en una imagen se establece mediante el cambio posición de sus centros de gravedad, es decir se establece por la diferencia de coordenadas entre dichos puntos, es decir; $a=|y1-y2|$, $b=|x1-x2|$

Determinación de la orientación: Para el estudio del cambio de orientación y de direccionalidad también utilizaremos el centro de gravedad, en este caso utilizaremos el eje direccional (5.3.4.2↔6.1.7.3) de la figura definido por dos puntos; el centro de gravedad y la intersección de mayor longitud del eje (I.L) (Figura 181). Por lo tanto, la orientación la otorgará el ángulo que forma el lado mayor del eje direccional respecto el eje x entre 180 y -180 grados, al cual denominamos ángulo direccional. Por lo tanto, para comparar, el cambio de direccionalidad entre dos figuras se tendrá en cuenta la diferencia de sus grados direccionales.

ÁNGULOS DIRECCIONALES

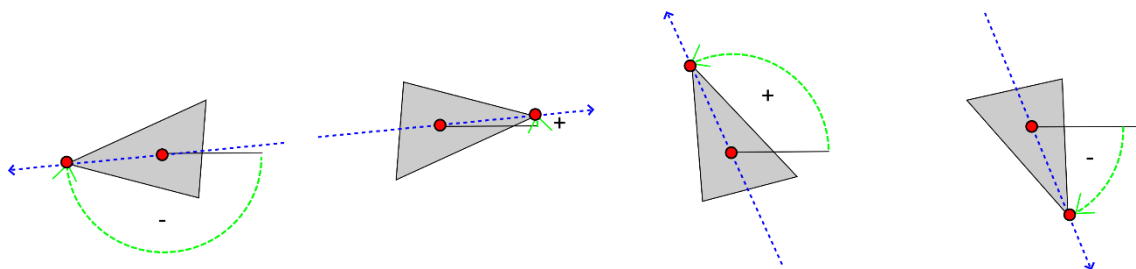


Figura 181

Por lo tanto, el cambio de posición de una figura sobre unos ejes de referencia se refleja mediante un desplazamiento o traslación, mientras que el cambio de orientación o direccionalidad se refleja mediante un giro o rotación.

Polígonos regulares: Los polígonos regulares son figuras de delimitaciones rectas que tienen la característica de tener igual relación entre sus ángulos e igual relación entre sus lados¹⁷¹ (Figura 182). El polígono regular más simple es el triángulo equilátero, según vamos aumentando el número de lados (vértices) la figura regular se va acercando cada vez

¹⁷¹ IVORRA CASTILLO, Carlos. 2014. *Geometría*. (VALENCIA: Universidad de Valencia: Departamento de Matemáticas para la Economía y la Empresa. Facultad de Economía) Libro digital.

más a una circunferencia.

POLÍGONOS REGULARES

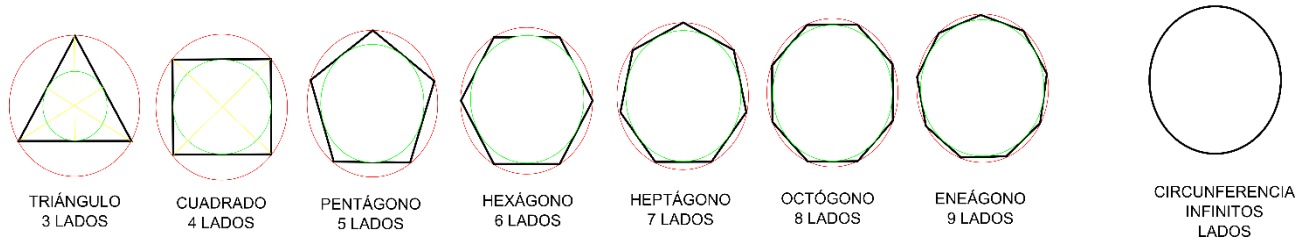


Figura 182

Por otro lado, existen polígonos semi-regulares que son polígonos que siguen una regularidad alterna (Figura 183). Por ejemplo en las figura de ciertas estrellas donde dos ángulos se repiten por igualdad de forma alternada.

EJEMPLOS DE POLÍGONOS SEMI-REGULARES

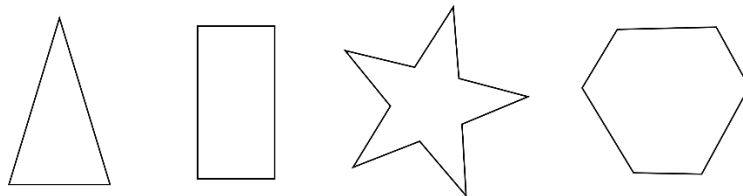


Figura 183

Polígonos irregulares: Se denominan irregulares cuando no tienen relaciones entre ángulos, ni entre lados.

Cuando se cumple esto la irregularidad es total. Aunque, lo normal es que la irregularidad no sea completa. Es decir, que exista cierta relación entre algunos de sus ángulos y/o entre alguno de sus lados.

Grado de regularidad de un polígono: El grado de regularidad de un polígono se puede establecer por comparación. Si definimos la figura de referencia como la circunferencia. Entonces se determinará el grado de regularidad de la figura como el grado de similitud que pueda llegar a tener con esta o la distancia que lo separe en un sistema multidimensional de la forma (Figura 184). En el estudio que desarrollamos sobre la acción de la regularidad (5.3.4.2↔6.1.7.1) se muestra cómo se puede determinar este espacio comparativo y como se puede calcular la regularidad de cualquier figura.

DIFERENTES GRADOS DE REGULARIDAD EN UNA FIGURA DE SEIS LADOS

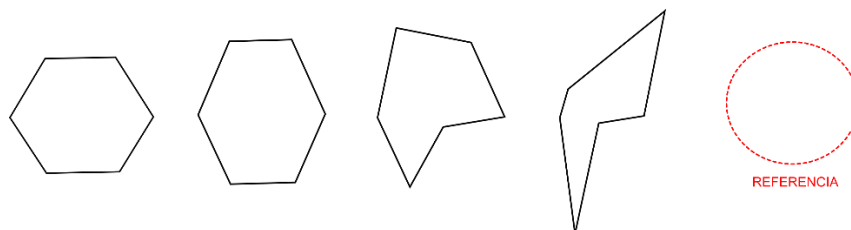


Figura 184

Polilíneas cerradas curvas

Una polilínea cerrada formada por trayectos curvos se define de la misma forma que un polígono con la diferencia que además se incluye la relación entre sus trayectorias curvas.

El grado de curvatura de una trayectoria: Se define como la curvatura que tiene respecto a la trayectoria recta que une sus vértices o sus puntos de tangencia. Como vimos, la trayectoria de una delimitación (degradado) se puede describir mediante una ecuación matemática. Por lo tanto, si dos delimitaciones atienden a las mismas ecuaciones serán iguales en su trayecto. Según las ecuaciones se separen más en sus variables entonces serán más diferentes. Por ejemplo, para una delimitación recta expresada de la siguiente forma: $ax + by = c$, entenderemos como delimitaciones iguales; $y=5x$, $y= x-2$, $x=2$, $x=3y+5$, etc. Evidentemente las representaciones de estas delimitaciones no son iguales pero si nos fijamos bien, lo que cambia en cada una respecto de la otra es la posición y la rotación respecto de los ejes de referencia. Es decir, que si movemos y/o rotamos los ejes de referencia adecuadamente las delimitaciones coincidirán exactamente en lo que es una recta. El grado de curvatura en una trayectoria viene determinada en su ecuación por uno de los parámetros (anexo).

Si además de la igualdad en las otras variantes, el grado de curvatura en las trayectorias también se mantiene igual entonces la polilínea formada a partir de curvas es regular. En función de cómo estas vayan variando, a su vez perderá regularidad.

Polilínea curva sin vértices: Cuando la polilínea curva no crea curvas es decir cuando en los puntos de unión de sus diferentes trayectos se encuentran solamente tangencias, entonces estamos ante una polilínea curva sin vértices. Una polilínea de este tipo puede ser totalmente cóncava. Un ejemplo de este tipo de figuras es el ovalo. Aunque también pueden existir figuras que alternen concavidades con convexidades mediante tangencias de inflexión (Figura 185).

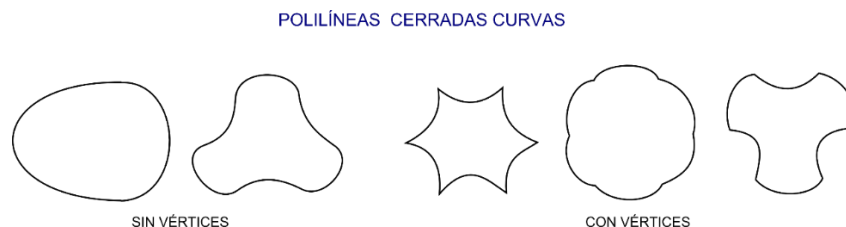


Figura 185

Polilínea curva con vértices: Por otro lado, cuando la polilínea curva crea vértices en sus encuentros entonces tenemos otro tipo de figura. En este caso los vértices también se conforman como generadores de concavidades y convexidades (Figura 185).

Figuras compuestas

Las figuras compuestas están formadas por aquellas polilíneas cerradas que intercambian trayectos rectos con trayectos curvos, posibilitando infinidad de composiciones formales. Estas pueden ser semi-regulares cuando sus relaciones y trayectos alternos se repiten de forma repetida, o pueden ser irregulares cuando no lo hacen (Figura 186).



Figura 186

Figuras huecas

Si una figura incorpora otra figura en su interior compartiendo el mismo fondo, es decir si la delimitación de color vuelve a repetirse pero de forma inversa, entonces se interpreta que la figura es hueca, y tiene dos delimitaciones cerradas que la definen; una exterior y otra u otras interiores (Figura 186).

Una figura compuesta de varias figuras

Lo normal es que las diferentes configuraciones de una imagen visual estén formadas por figuras compuestas. Cuando varias figuras conectan entre sí al compartir delimitaciones o vértices, crean una figura de orden superior compuesta por la agrupación de estas. No obstante la agrupación la estudiaremos un poco más adelante (5.3.4.2 ↔ 5.3.7).

Atendiendo a Wucius Wong¹⁷² la unión y conexión de figuras puede atender a diferentes operaciones; *Unión y conexión, Corte, desgarrar y rotura, Recorte, Alabear y retorcer, Arrugar y plegar, Hinchar y deshinchar, Metamorfosis y deformación de figuras, y Proliferación de figuras.*

Modelos de organización de la forma

Como referencia para establecer un modelo de organización de la forma, partimos de la concepción de la teoría de la forma que César Jannello¹⁷³ llamó *Teoría de la Delimitación Espacial* y que fue inspirada en *La teoría del color*.

Jannello propuso una nueva poética de la forma, es decir; *constituir un útil metodológico y tecnológico, que permita describir las articulaciones formales en los dos planos: de la expresión (aspecto sensible) y del contenido (función), y también la correlación entre estos dos planos.*

De esta forma, propuso un sistema al que otorga prioridad a la delimitación respecto de las restantes sustancias formales: color y textura, etc. Este sistema está compuesto por dos subsistemas de delimitaciones: superficiales y corpóreos (más complejos).

Por otro lado, Jannello postuló tres tipos de dimensiones para la teoría de la delimitación:

1. *Numerales* (por el número de elementos)
2. *Morficas* (según la clase de elementos) y
3. *Tacticas* (según las clases de combinatorias entre elementos)

¹⁷² WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

¹⁷³ JANNELLO, César V. 1988. *Fondements pour une sémiotique scientifique de la conformation delimitante des objets du monde naturel*. (Semiotic Theory and Practice, Proceedings of the III Congress of the IASSAIS, Palermo 1984, M. Herzfeld and L. Melazzo (eds.), 483-496. Berlín: Mouton de Gruyter.)

Para las dimensiones m3rficas de figuras planas: estableci3 que tres cualidades basadas en el esquema de tinte constante de Ostwald. Estos son: formatriz, tama3o y saturaci3n.

La *formatriz* se corresponde con el tinte (dimensi3n cuali-cuantitativa). Se define: figura plana regular y rotaci3n angular sobre una l3nea horizontal.

El *Tama3o* se corresponde con la claridad (dimensi3n cuantitativa). Se define como el 3rea que ocupa la figura.

La *Saturaci3n* se corresponde con la cromaticidad (dimensi3n cualitativa) mayor o menor distancia que una figura plana presenta respecto de la figura regular.

JANNELLO: ORGANIZACI3N DE LA FIGURA PLANA EN FORMATRIZ, TAMA3O Y SATURACI3N

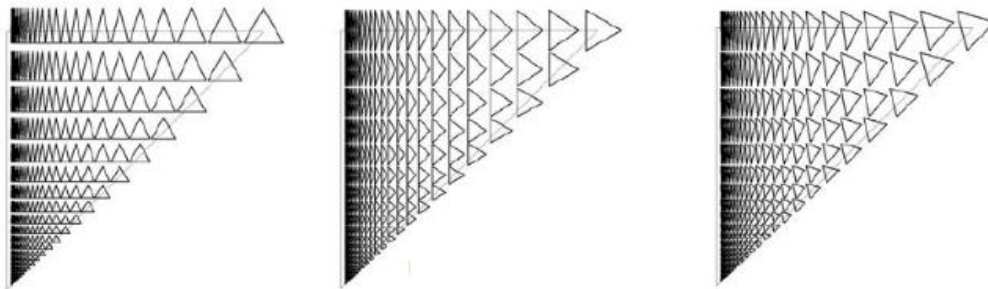


Figura 187

Para Jannello¹⁷⁴ las dimensiones Tacticas son las siguientes:

- *Situaci3n*: que incluye las dimensiones actitud, enrasamiento y separaci3n
- *Ensolvimiento*; que incluye las dimensiones interioridad, penetraci3n, yuxtaposici3n y vecindad.
- *Simetr3a*, que incluye las dimensiones rotaci3n, especularidad, translaci3n y dilataci3n.
- *Ubicaci3n*; dimensi3n relativa a las disposiciones entre objetos de una agrupaci3n.

Por ejemplo, los objetos¹⁷⁵ se pod3an clasificar (*ensolvimiento*) de la siguiente manera;

Objetos	Discontinuos	Ensueitos			
		No ensueitos	exteriores		
			penetrados		
	interiores	tangentes			
		libres			
	Continuos	No convexos			
Convexos		No centroidales			
		Centroidales			

¹⁷⁴ GUERRI, Claudio F. 2011. *Lenguaje Gr3fico TDE. M3s all3 de la perspectiva*. (Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires)

¹⁷⁵ JANNELLO, C3sar V. 1977. *Para una po3tica de la prefiguraci3n*. (SUMMARIOS 9/10, 24-28. Buenos Aires. 1980 Dise3o, lenguaje y arquitectura. Buenos Aires: FADU-UBA, Textos de C3tedra)

Posteriormente, Claudio Guerri ha desarrollado este sistema y ha creado el *Lenguaje Gráfico TDE*. Este trabajo está implementado con un software gráfico actual, concreta y organiza el *Paradigma Táctico*, dando una estructura coherente (gramática) que da cuenta de la totalidad de las combinatorias posibles.

Según Guerri¹⁷⁶;

“TDE es la forma que adquiere lo arquitectónico y la forma que produce algún aspecto de lo arquitectónico en los límites de su propio idiolecto, de la misma forma que el Monge y la Perspectiva – ambos lenguajes gráficos aunque solo desarrollados como métodos de dibujo- permiten una inferencia de lo arquitectónico en los límites de sus capacidades gráficas, como muestra una vasta producción de obras y su crítica a lo largo de la historia”.

En cuanto a la aplicación, en un principio se propusieron cuatro pasos como metodología para interpretar el diseño puro de una obra; el redibujo, la segmentación y la estructura jerárquica-árbol. Mediante el TDE se ha perfeccionado mediante manifestaciones complejas y estructuras jerárquicas-árbol. Como resumen podemos mostrar la explicación de Rubén Alberto Gramón¹⁷⁷;

La teoría de la delimitación espacial y la teoría del color se organizan a partir de una serie de dimensiones: formatriz, saturación y tamaño para la teoría de la delimitación espacial; tinte, cromaticidad y claridad para la teoría del color. De esta serie de dimensiones podemos inferir ocho relaciones de constancia y/o variación que permitirán seleccionar una determinada forma o color dentro de los límites del sistema propuesto. Estas relaciones se conocen como armonías lógicas. Estas armonías resultan insuficientes en la práctica del diseño para determinar la forma y el color a utilizar. En este caso podemos recurrir a una serie de conceptos, no presentados como teoría pero sí muy difundidos en la práctica del color, que se conocen como claves. Las claves definirían los intervalos existentes entre los colores o las formas seleccionadas. Estos intervalos pueden redefinirse como apomorfismos.

En la teoría del color, para la dimensión de claridad tenemos claves de alto, medio o bajo nivel y claves de mayor o menor intervalo entre los colores seleccionados. Por analogía podemos utilizar este mismo concepto en la teoría de la delimitación espacial, donde para la dimensión de tamaño tenemos claves de alto, medio o bajo nivel y claves de mayor o menor intervalo entre las formas seleccionadas. Por extensión, en la teoría del color, para la dimensión de cromaticidad tenemos claves de alto, medio o bajo nivel y claves de mayor o menor intervalo entre los colores seleccionados. A su vez, en la teoría de la delimitación espacial, para la dimensión saturación tenemos claves de alto, medio o bajo nivel y claves de mayor o menor intervalo entre las formas seleccionadas.

Por último, en la teoría del color, para la dimensión de tinte tenemos claves de alto, medio o bajo nivel y claves de mayor o menor intervalo entre los colores seleccionados. Así también en la teoría de la delimitación espacial, donde para la dimensión de formatriz tenemos claves de alto, medio o bajo nivel y claves de mayor o menor intervalo entre las formas seleccionadas.

¹⁷⁶ GUERRI, Claudio F. 2011. *Lenguaje Gráfico TDE. Más allá de la perspectiva*. (Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires)

¹⁷⁷ GRAMÓN, Rubén Alberto. 1992. *El color y los otros aspectos visuales: color y forma* (Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Universidad de Buenos Aires. Argencolor, Primer Congreso Argentino del Color)

De esta manera, no solo disponemos de ocho armonías lógicas para la práctica del diseño sino también de dieciocho claves posibles para la teoría del color y otro tanto para la teoría de la delimitación espacial.

Según la propuesta de Jannello (con sus posteriores desarrollos; ver Caivano y Guerri 1986, Guerri 1988, Magariños y Caivano 1996), la primera operación de reconocimiento que puede hacerse en cuanto a la forma o delimitación espacial es discriminar las figuras, que son las formas básicas últimas, de las configuraciones, que ya son conformaciones u organizaciones más complejas que implican la combinación de dos o más figuras. Ambas, a su vez, pueden ser planas (bidimensionales) o volumétricas (tridimensionales).

Nosotros recogiendo la concepción base que es utilizar un modelo de organización del color perceptual, para establecer un modelo de organización de la forma, hemos propuesto un modelo de organización de la forma o figura plana. Este modelo establece las siguientes cualidades: delimitación de la figura (forma), tamaño, posición y orientación (dirección). La figura se ordena en relación a su regularidad, mientras que tamaño, posición y orientación, se estructuran en referencia a la imagen en la que se inserta la figura. Este tema se desarrolla detenidamente al estudiar la acción sensorial de la forma (5.3.4.2↔6.1.7).

Interacciones entre delimitaciones

De la misma forma que el tamaño de las figuras de color afectan a la percepción de cada uno de sus colores. El tamaño y la disposición en la imagen visual de las diferentes figuras afectan a la percepción de cada una de estas modificándola.

En este caso dos figuras iguales pueden percibirse diferentes en función de su interacción con otras formas, o dos figuras diferentes pueden observarse como iguales al cambiar sus interacciones formales.

Por ejemplo, una misma delimitación puede parecer de diferente longitud en función de las delimitaciones con las que se interaccione o un mismo círculo puede percibirse con un tamaño diferente en función de los círculos que le rodean (Figura 187).

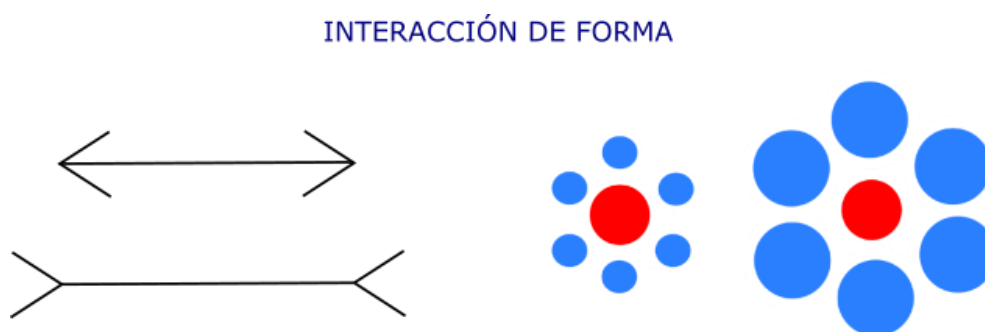


Figura 188

Relaciones visuales entre figuras

Cuando dos o varias figuras interaccionan en una imagen visual se establece una relación visual entre ellas por comparación o contraste. Si en la comparación se detectan similitudes entonces se tiende a asociarlas por semejanza y no hay contraste, mientras que en sentido contrario cuanto más diferentes sean se establecerá entre ellas una relación de contraste que tenderá a disociarlas. Estas interacciones se explicaran con detenimiento al estudiar los principios de la

Gestalt. No obstante a continuación, vamos a explicar que tipos de semejanzas y contrastes pueden existir entre dos figuras en una imagen visual.

Semejanza de figuras

Dos figuras pueden ser exactamente iguales, pueden ser parecidas, tener algunos rasgos en común o ser totalmente diferentes y no compartir ningún rasgo visual entre ambas. Aunque para la ejemplificación vamos a trabajar con la comparación de dos figuras, podríamos comparar tres, cuatro o todas las que aparecieran en la imagen visual (Figura 188).

La repetición exacta aparece cuando las dos figuras comparten todas las cualidades visuales pero se muestran en posiciones diferentes en la imagen visual. Si las figuras mantienen también en sus orientaciones entonces se establece una relación de paralelismo entre ellas. Este paralelismo puede desarrollarse sobre el eje horizontal, sobre el vertical o de forma diagonal respecto de la imagen visual. La distancia que queda entre ellas se determina por la distancia entre sus centros de gravedad (C.G) y el espacio que queda entre sus contornos puede ir desde no existir debido a que permanecen juntas mediante la compartición de un vértice o de una delimitación, hasta estar totalmente separadas en los márgenes contrapuestos de la imagen visual. Cuando existe traslapo o superposición una figura tapa a la otra y modifica su delimitación, por lo tanto para que se perciban como iguales deben compartir todo lo que queda visto en la traslapada, aunque perceptualmente sean iguales debemos aclarar que visualmente no lo son.

A parte de ocupar diferentes posiciones en la imagen visual, dos figuras pueden ser iguales y tener una orientación diferente. Es decir, una puede encontrarse girada respecto de la otra. El giro de una respecto de la otra se establece mediante el ángulo que ha variado su eje direccional (I.D). En este caso, el paralelismo desaparece, pudiendo aparecer la perpendicularidad en el caso concreto en el que los ejes direccionales se encuentran posicionados con una relación entre ellos de 90°.

Un caso especial de variación en la igualdad es cuando dos figuras son simétricas. Una simetría responde a un giro tridimensional de 180° sobre un plano que intersecta con el plano donde se sitúa la figura, definiendo esta intersección el eje de simetría que las relaciona.

Por otro lado, dos figuras pueden ser iguales en forma pero pueden tener diferentes tamaños. En este caso, la relación que existe entre ambas atiende a un factor de escala que se puede determinar respecto cualquier punto de referencia de la imagen visual. También pueden ser iguales de forma pero mostrar un color o textura superficial diferente.

Cuando dos figuras ocupan el mismo tamaño pero su forma es diferente entonces se establece relación de semejanza pero en menor medida, la cual se establece en función del grado de diferencia entre sus formas (5.3.4.2↔6.1.7.1). Si mantienen elementos en común entonces se puede determinar que una figura se muestra deformada respecto de la figura de referencia. En general, se establece como figura de referencia aquella que es más regular o la que ha sido reconocida antes.

Las deformaciones se deben a variaciones en las trayectorias de las delimitaciones que conforman la figura o a cambios de tamaño, de posición o de orientación de alguna de las partes de la figura respecto de otras. Cuando la deformación es total entonces las figuras no se reconocen como formas iguales.

RELACIÓN DE SEMEJANZA ENTRE FIGURAS

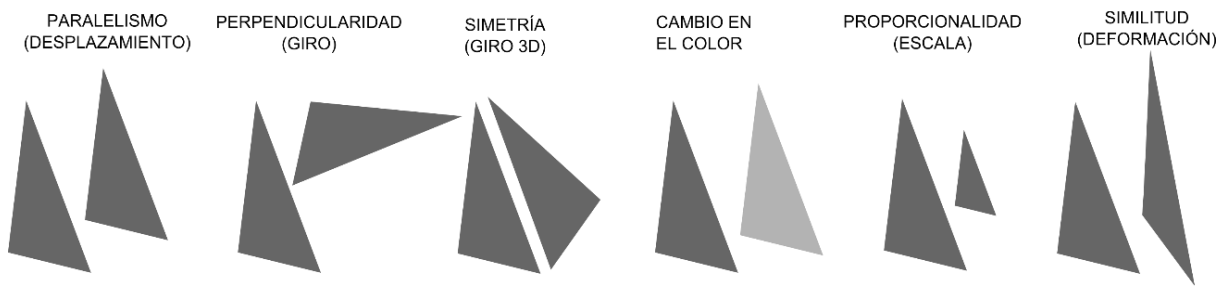


Figura 189

Contraste entre figuras

Como hemos comentado cuando existen varias figuras en la imagen, se produce una comparación entre ellas, siendo, aparte del color, el tamaño y la forma, las cualidades que más pueden crear contraste entre ellas.

Cuanta más diferencia de tamaño exista entre dos formas visuales, más desligadas y segregadas aparecerán estar. Si además, la forma de ambos difiere en gran medida, el contraste entre estas se incrementará. Si además de contraste de forma existe contraste de color entonces la segregación será mayor (Figura 189).



Figura 190

Para Wucius Wong¹⁷⁸ existen estos tipos de contraste: *recto-torcido*, *cuadrado-redondo*, *cóncavo-convexo*, *afilado-romo*, *regular-irregular*, *grande-pequeño*, *largo-corto*, *claro-oscuro*, *brillante-mate*, *tosco-suave*, *positivo-negativo*, *perpendicular-paralelo*.

La repetición de la forma y el color en la imagen visual: La textura

Cuando se repiten las formas y figuras por proximidad en una zona, en varias zonas o en toda la imagen visual se crea una interacción visual (5.3.4.2↔5.3.7.2) que tiende a asociarlas en una sola unidad o grupo que se denomina *textura*. El nuevo grupo a su vez conforma una figura visual, pero en esta ocasión con un nivel compositivo de un grado superior (Figura 190)

¹⁷⁸ WONG, Wucius.1988. *Principios del diseño en color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

TEXTURAS CONFORMANDO OTRAS FIGURAS VISUALES DE NIVEL SUPERIOR

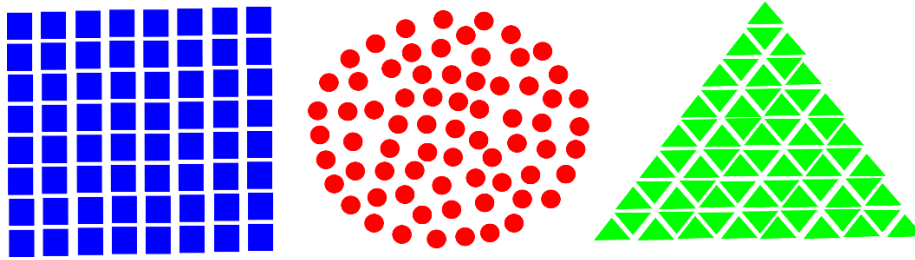


Figura 191

En este caso, la delimitación que definen estas figuras compuestas, se establece por los límites donde desaparece la asociación, es decir el lugar donde deja de repetirse la forma y el color va definiendo la delimitación y por lo tanto la forma global de esta.

La textura nos informa de la cualidad visual de diferentes superficies. No obstante, este tema se encuentra desarrollado en (5.4.3.3).

El degradado de forma (Gradación)

De la misma forma que existen degradados de color, también existen de forma. La gradación exige un cambio de figura gradual de manera ordenada (Figura 192). Según Wucius Wong¹⁷⁹; “*Genera ilusión óptica y crea una sensación de progresión, lo que normalmente conduce a una combinación o una serie de combinaciones*”. Una gradación queda definida por dos factores: *la serie de gradación y la dirección del movimiento*.

Una textura vista en la profundidad espacial se muestra como un degradado formal, por lo tanto; “*la gradación es una experiencia visual diaria. Las cosas que están cerca de nosotros parecen grandes y las lejanas parecen pequeñas. Si miramos desde abajo a un edificio alto, con una fachada de ventanas iguales el cambio de tamaño de las ventanas sugiere una ley de gradación*”. Por lo tanto, la gradación conforma una textura visual por similitud donde la diferencia entre figuras las establecen la serie y la dirección del degradado formal.

DEGRADADO DE FORMA (GRADACIÓN)

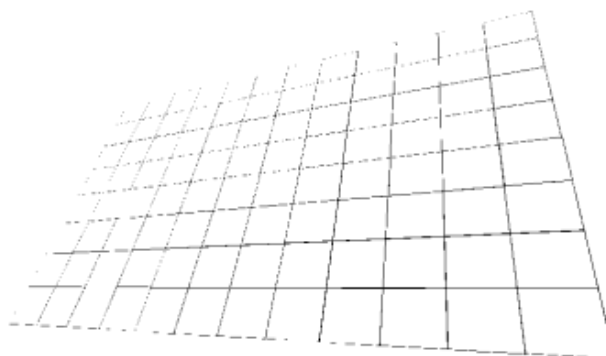


Figura 192

Para este autor existen diferentes tipos de gradaciones, que son: *Gradación de módulos, Gradación en el plano,*

¹⁷⁹ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Gradación espacial, Gradación en la figura, El camino de la gradación, La velocidad de gradación.

La Radiación

La radiación puede ser descrita como un caso especial de la repetición de forma, sin embargo no se considera textura. En este caso el orden de repetición estructural gira ordenadamente alrededor de un centro común, produciendo un efecto de radiación (Figura 193).

La fuerza de dicho centro, anula la cualidad de signo superficial, por lo que hace que una radiación no se interprete como una textura, sino una agrupación entorno a un centro destacado que se configura como un *foco visual*. Esta cualidad hace que un esquema de radiación atraiga inmediatamente la atención del observador.

Según Wucius Wong¹⁸⁰ las características de un esquema de radiación son: multisimetría, punto focal, generador de energía óptica y movimiento. Por consiguiente, la estructura de radiación atiende a dos factores importantes: *centro de radiación* (Punto Focal) y *direcciones de radiación* (Líneas Estructurales), donde la tipología puede ser *centrífugas, concéntricas o centrípetas*.

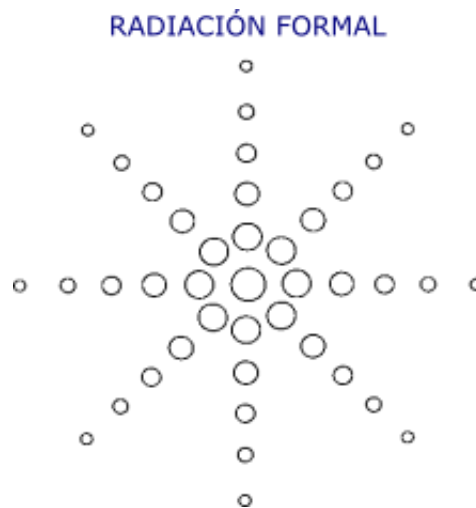


Figura 193

5.3.4.3. El degradado de color

Cuando el cambio de distribución del color en la imagen es gradual entonces no se detecta un límite claro por lo que estamos ante un degradado o una gradación de color (Figura 194). La representación de un degradado sin embargo, no se puede realizar con la misma sencillez y simplificación que una delimitación, ya que sus cualidades son diferentes.

¹⁸⁰ Ibid.

CUALIDADES DE LOS DEGRADADOS

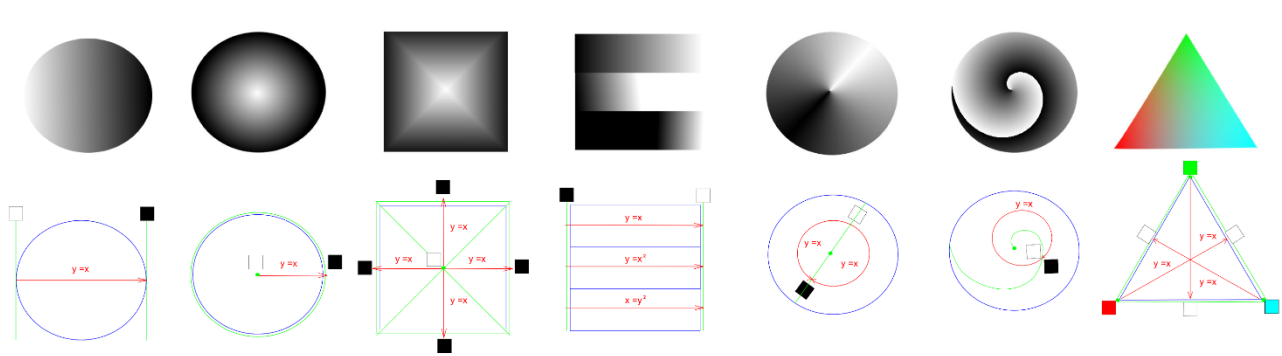


Figura 194

Las características de cambio gradual y progresivo plano se definen de la siguiente manera:

Color inicial y color final: Son las frecuencias e intensidades del color inicial y del color final. Cuando aparecen solamente dos colores el degradado es simple cuando aparecen más el degradado es complejo.

Posición: Es el lugar donde se sitúa cada color sobre la imagen visual. Las posiciones nos definirán el sentido de progresión del degradado. La posición se define por puntos o líneas y estas últimas no tienen por qué ser rectas.

Dirección o trayectoria: Es el camino que realiza el degradado. Se puede representar como una línea recta, curva o compuesta (*polilínea*).

Progresión: Es la forma en el que se desarrolla el degradado. Es decir, como va se produciendo el cambio gradual de color. Puede ser proporcional o exponencial (si no es gradual entonces deja de ser un degradado).

Límites: Son las delimitaciones donde se encuadra el degradado, puede ir desde toda la imagen visual hasta una pequeña porción de esta con cualquier forma.

La combinación de cada una de estas cualidades puede crear infinidad de tipologías de degradados.

Por otro lado, en una imagen visual pueden existir interacciones entre degradados y delimitaciones de diferentes tipos. En general, cuando interaccionan las delimitaciones establecen los límites de los degradados. A la hora de crear forma, veremos cómo los degradados ofrecen la sensación de forma volumétrica de las superficies curvas tridimensionales (Figura 195).

INTERACCIÓN DE DEGRADADOS CREANDO FORMA



Figura 195

5.3.4.4. Conformación de la superficie de la figura plana

Como hemos visto, una figura plana puede estar conformada por un solo color y en este caso, su interacción con el fondo definirá su forma o contorno, sin embargo, una figura plana puede incorporar en su interior un degradado como acabamos de ver, o puede estar conformada por una textura. Este último caso, se desarrollará en profundidad en el estudio de la agrupación formal donde se analizarán todas las relaciones de asociación y de segregación que aparecen en la interacción de formas y colores en la imagen visual y que adquieren gran importancia en la configuración de la imagen visual.

5.3.4.5. La ilusión de la tridimensionalidad

Algunas veces una representación bidimensional puede engañar a nuestros sentidos y percibirse como tridimensional. Esto se debe a que en ocasiones la representación se desarrolla con la misma perspectiva que nuestra imagen visual y las delimitaciones, colores y degradados se muestran de la misma forma que en la que se muestran en nuestra visión. Este tipo de representaciones lo podemos encontrar en las fotografías y en multitud de dibujos y pinturas realistas.

5.3.4.6. Sensaciones de delimitación plana

Cuando aparece una delimitación recta en nuestra imagen visual, instantáneamente todos detectamos su cualidad lineal y esta experiencia no requiere de ningún conocimiento previo, es decir no necesitamos entender cómo se constituye una línea recta para detectar y experimentar la rectitud (Figura 196). Lo mismo ocurre al observar un círculo perfecto, todos experimentamos una serie de relaciones o propiedades que lo hacen especial y no hace falta entender o comprender exactamente cuál es la relación o propiedad que lo hace singular. Por lo tanto, no hace falta saber que cada punto perteneciente a la delimitación del círculo está a la misma distancia de su centro o entender su descripción matemática para sentir su fuerza expresiva y el carácter regular único que posee. Otros casos especiales son el cuadrado, los polígonos regulares o por ejemplo el rectángulo áureo. Muchas composiciones actuales están basadas en esta proporción y hace no falta detectar el rectángulo como áureo para experimentarlo como las proporciones de sus partes se desarrollan de una forma singular y especial.

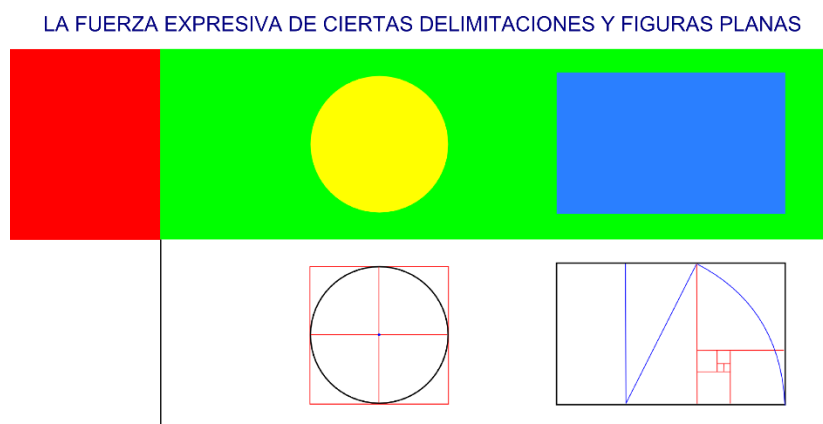


Figura 196

Ante las tres figuras mostradas, todo el mundo detecta la regularidad de la rectitud de la delimitación vertical, el perfecto

orden del círculo y la equilibrada proporción del rectángulo áureo¹⁸¹, sin embargo no tenemos por qué conocer cómo se desarrollan ni matemáticamente, ni geoméricamente, para sentir su expresividad y carácter visual singular (Figura 197). Lo mismo sucede al observar un círculo, una figura cerrada y una figura abierta irregular. La fuerza expresiva de cada una queda denotada por su propio desarrollo.

El conocimiento detallado de cada desarrollo formal puede ser de gran valor para el diseñador o el artista. Sobre todo a la hora de sacarle todo el partido a su expresividad visual ante una intencionalidad concreta.

EXPRESIVIDAD Y SINGULARIDAD EN TRES DELIMITACIONES

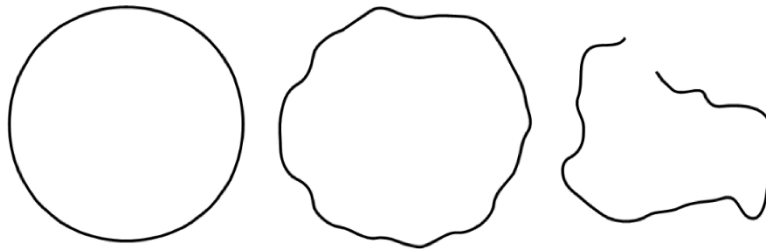


Figura 197

No obstante, las sensaciones de regularidad cuando la figura se muestra de forma vertical y paralela a nuestra visión son visualmente aproximadas (Figura 198), es decir si vemos un cuadrado casi perfecto (B), sensorialmente es un cuadrado. No existe un cambio brusco en la sensación de un casi cuadrado a un cuadrado perfecto (A). Pero según nos alejamos de esta relación, la sensación va cambiando en la misma medida (C y D). Por lo tanto, podemos decir que la variación de la sensación es proporcional a la variación de la forma.

PROPORCIÓN REAL Y PROPORCIÓN PERCIBIDA

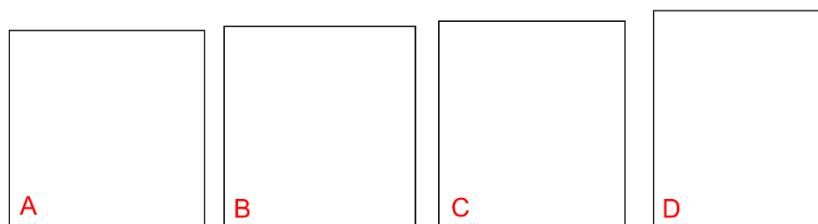


Figura 198

Cuando la figura se muestra en desarrollo tridimensional entonces la deformación es grande y necesitamos de herramientas perceptuales para su comprensión, como veremos a continuación.

5.3.5. LA SENSACIÓN DE FORMA TRIDIMENSIONAL: LA PROFUNDIDAD Y LA ESPACIALIDAD

La forma tridimensional y el espacio se pueden entender como formas positivas y negativas. Según Wucius Wong¹⁸²;

¹⁸¹ CORBALAN, Fernando. 2010. *La proporción áurea*. (España: Ediciones RBA Coleccionables)

¹⁸² WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

“Por regla general, a la forma se la ve como ocupante de un espacio pero también puede ser vista como un espacio en blanco rodeado de un espacio ocupado.

Cuando se la percibe como ocupante de un espacio, la llamamos forma “positiva”. Cuando se percibe como un espacio en blanco rodeado por un espacio ocupado, la llamamos forma “negativa”. ”

5.3.5.1. Las figuras en la tridimensionalidad

Un círculo o un cuadrado pintados en el suelo se ven distorsionados (Figura 199), sin embargo seguimos detectando su forma y su regularidad en la profundidad. Esto es debido al recurso perceptivo de la constancia visual. En este caso, las cualidades que se mantienen estables pese a la variabilidad que produce nuestra visión en sobre la profundidad, son las que dan constancia a las figuras, por ejemplo las líneas del cuadrado se mantienen rectas y la relación con sus vértices sigue siendo la misma, sin embargo los lados no miden lo mismo sobre la imagen, ni sus ángulos son de 90°.

PERSPECTIVA DE LAS FIGURAS DE UN CUADRADO Y UN CIRCUNFERENCIA EN LA PROFUNDIDAD

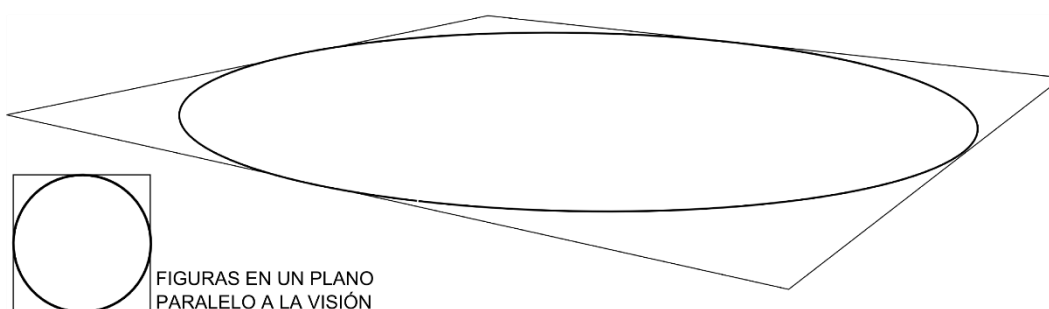


Figura 199

En el círculo pasa lo mismo, se mantiene una relación regular entre los puntos que lo forman, sin embargo las distancias a su centro son variables. La variabilidad se vuelve constante debido a que en ambos casos se mantiene la sensación de figuras planas, en concreto figuras planas horizontales en el espacio tridimensional. Estas cualidades constantes junto con la sensación de profundidad hacen que se entiendan como figuras regulares y que se conceptualicen tal y como se ven en el inferior de la imagen.

Como vimos la sensación de profundidad visual se debe a diversas acciones. Por un lado, a la actuación de las herramientas sensitivas y perceptuales en la determinación de la profundidad como son el traslape, la disminución de tamaño y proporción, la pérdida de color y nitidez, el reconocimiento del objeto, nuestra interacción espacial y movimiento, las sombras, etc. Por otro lado, también se debe a la acción de los elementos visuales oculomotores y la acción estereoscópica de nuestra visión binocular. Según Caivano¹⁸³ *“La mayoría de las conformaciones con que nos encontramos en nuestra vida diaria son explicadas en este sistema no como figuras individuales sino como configuraciones.”*

Por otra parte, también vimos que todos los objetos materiales son tridimensionales y su visión cuando son opacos nunca es completa (Figura 200). Solo vemos parte de su totalidad formal. Por lo tanto, los rasgos visuales más significativos de

¹⁸³ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

los objetos son los que nos ayudan a identificarlos. A veces es posible que nos equivoquemos en la detección debido a que ciertos objetos comparten cualidades y no siempre tenemos la mejor perspectiva cuando los observamos.

OPACIDAD EN LOS OBJETOS TRIDIMENSIONALES

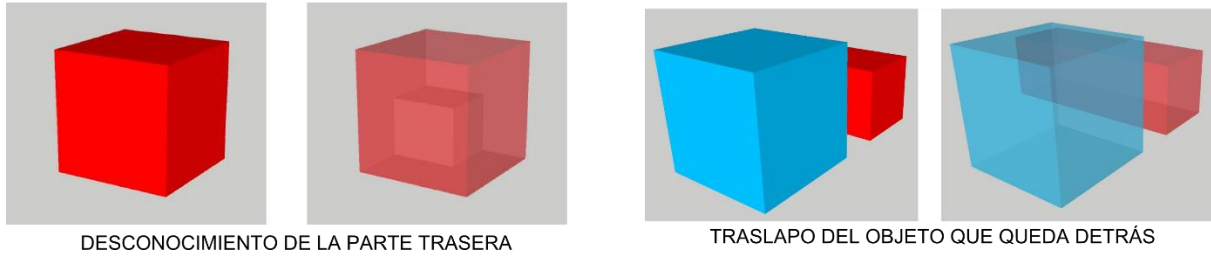


Figura 200

Una figura sobre un fondo en el espacio tridimensional, nos muestra el contorno de un objeto. Como veremos más adelante el contorno es uno de los signos visuales que más nos ayudan en el reconocimiento, ya que a través de este se nos muestran las características formales más prominentes y definitorias de cada objeto.

En general estos contornos cuando no reflejan objetos tridimensionales simples como por ejemplo una esfera, suelen estar compuestos por otras figuras o delimitaciones interiores que definen los diferentes rasgos y superficies del objeto que quedan dentro del contorno y su apariencia depende de la perspectiva desde la que se observa el objeto.

Las figuras con un interior monocromático suelen reflejar superficies planas (Figura 198). Según va variando la luminosidad y la cromaticidad de estas superficies se nos informa de la orientación de la superficie en relación al foco emisor.

DELIMITACIONES Y DEGRADADOS EN FIGURAS TRIDIMENSIONALES

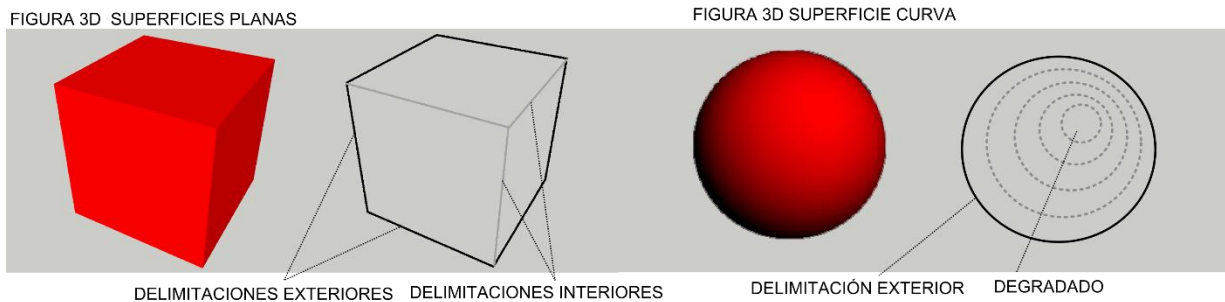


Figura 201

Los degradados muestran superficies tridimensionales curvas (Figura 201), que al modificar su posición entorno al foco emisor de luz hacen que la difusión de su color adopte estas características. Un degradado siempre se interpreta como una cualidad superficial ya que no puede mostrar el contorno de un objeto. Por otro lado, un degradado (5.3.5.1↔5.4.3.1) también puede mostrar el desarrollo de una superficie plana que está iluminada de forma decreciente (Figura 202).

UN MISMO DEGRADADO GENERANDO DOS APARIENCIAS DISTINTAS SOBRE DOS SUPERFICIES DIFERENTES

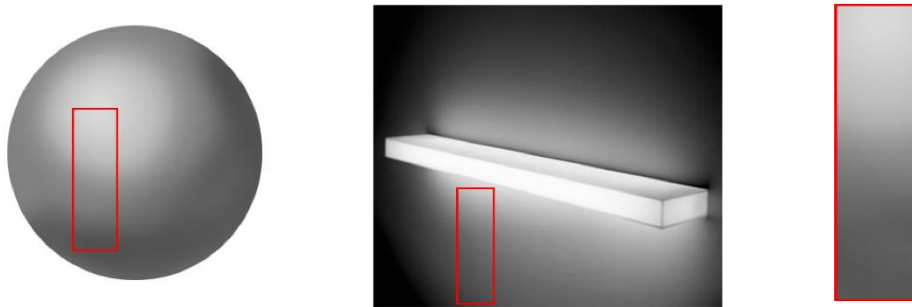


Figura 202

Las superficies con relieve se muestran como texturadas debido a la repetición de sus delimitaciones y de la variación de color creada por las sombras.

Una figura con un desarrollo unidimensional se muestra en la profundidad como un objeto lineal, mientras que una figura con desarrollo bidimensional se muestra en la profundidad como un objeto superficial (Figura 203). Una figura insertada en una superficie se define como bidimensional. Generalmente, se ve deformada a no ser que la superficie plana a la que pertenece se muestre de forma perpendicular y paralela a nuestra visión, en tal caso se verá sin deformación.

FORMAS TRIDIMENSIONALES LINEALES Y SUPERFICIALES



Figura 203

Según nos retiramos de los objetos sus figuras se ven cada vez más pequeñas en la perspectiva de nuestra imagen visual, en este caso necesitamos de la comparación para estimar su tamaño real. Por otro lado, según nos retiramos, los colores van perdiendo nitidez y saturación debido al filtro creado por las partículas que hay en el aire. También, como vimos cuando los objetos son muy pequeños en la imagen visual producen una mezcla óptica, por lo tanto diferentes formas de color en la lejanía tienden a mezclarse atendiendo a esta simplificación visual. Por otro lado, como hemos visto la distorsión debida a la captación de la profundidad en nuestra imagen visual hace que las delimitaciones de las figuras hacia la profundidad tiendan a confluir en el punto de fuga.

Cuando aparecen varias figuras en una imagen visual tridimensional, solo se suelen ver los contornos completos de aquellas que quedan en primer plano. Según los objetos se van superponiendo en la profundidad unos van tapando a otros, por lo que las delimitaciones que reflejan los contornos de los que están tapados no se ven de forma completa y necesitan de una atención más selectiva para su reconocimiento (Figura 204).

DELIMITACIONES Y DEGRADADOS EN UNA FIGURA COMPLEJA TRIDIMENSIONAL



Figura 204

5.3.5.2. Las sombras

Todo objeto tridimensional crea una sombra cuando es iluminado por un foco emisor. Solo en el caso hipotético de una iluminación ambiental totalmente difusa no aparecen. También puede pasar que la sombra sea ocultada por el propio objeto, aunque lo normal es que en toda imagen visual de una escena tridimensional aparezcan estas.

Las sombras oscurecen la zona que tapan y sus bordes crean nuevas delimitaciones sobre la imagen (Figura 205). Lo normal es que las sombras no lleguen a ser totalmente negras, ya que como vimos siempre hay luces actuando sobre todo el espacio provenientes de la radiosidad que lo impiden. Por lo tanto, las sombras nos ayudan a detectar la forma tridimensional y el relieve superficial. De igual forma, cuando las formas son arrojadas nos ayudan a percibir la espacialidad de la escena.

SOMBRA CREANDO DELIMITACIONES Y SENSACIÓN DE PROFUNDIDAD

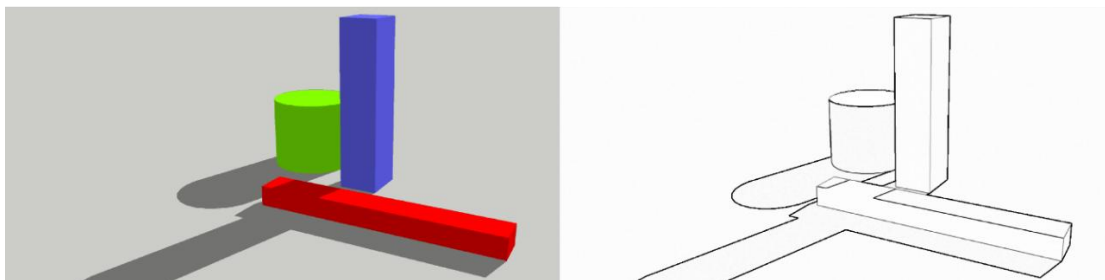


Figura 205

5.3.5.3. La sensación de espacio

La sensación de espacio es creada por la forma tridimensional. El espacio no tiene forma sino existe un recipiente formal que lo contenga de forma total o de forma parcial. Por lo tanto, cualquier forma que se introduzca en un espacio lo modificará ¹⁸⁴. No obstante, la dualidad inseparable forma-espacio, se puede entender como la dualidad positivo-negativo, configurándose cada elemento el inverso del otro ¹⁸⁵.

El espacio que nos rodea se experimenta como los volúmenes libres que hay entre las formas que nos rodean y nosotros.

¹⁸⁴ ZEVI, Bruno. 1963. *Saber ver la arquitectura*. (Buenos Aires: Editorial Poseidón)

¹⁸⁵ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

A través del espacio vemos y nos movemos, por lo tanto el espacio es nuestro campo de acción.

En función de la posición y el punto de vista del observador puede cambiar la sensación espacial. Según nos acercamos más a otras formas vamos perdiendo la sensación de libertad y va aumentando más la sensación de presión.

Por lo tanto, los objetos y figuras tridimensionales definirán los límites del espacio. Solamente los elementos transparentes y translucidos son capaces de mantener en cierta manera la sensación de espacialidad. En un día de niebla por ejemplo, aparece un degradado mostrando en este caso la sensación de espacialidad en la profundidad.

El espacio puede ser de diferentes tipos. Puede ser totalmente cerrado, ser semi-abierto o ser un espacio abierto, y estas cualidades se establecen en función de los elementos que rodeen al espectador. Cada espacialidad se denomina escena visual, y está formada por unos elementos visuales característicos que se detallan en (5.4.3.6).

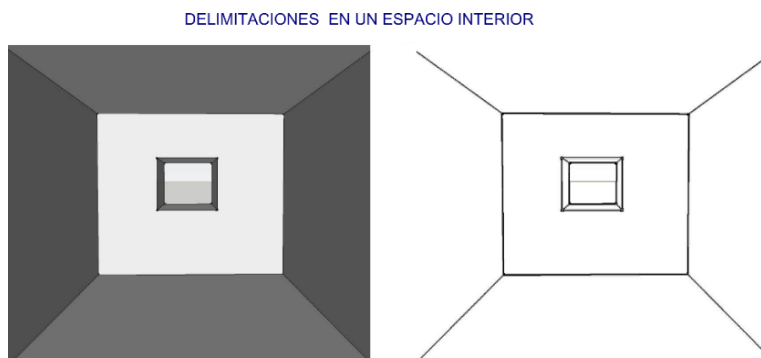


Figura 206

Las delimitaciones aparecen tanto en interiores como en exteriores y suelen ser indefinidas al sobrepasar el marco visual (Figura 206). Una delimitación puede aparecer en la línea de tierra cuando contemplamos el mar o puede aparecer formando el límite de intersección de los paramentos verticales con el techo en una escena interior.

Por lo tanto, el espacio se puede mostrar como elemento portador de acción expresiva sensorial, tal y como veremos en (6.1.8).

5.3.5.4. La interacción del color en la profundidad

La interacción del color en el espacio tridimensional algunas veces puede llegar a crear modificaciones perceptuales mayores que en las formas planas. Esto es debido al cambio de luminosidades de las superficies y al efecto de las sombras que crean estos objetos. En el ejemplo que se muestra (Figura 207) podemos ver como un mismo gris se percibe en cada casilla con una luminosidad diferente. Por otro lado, mostramos para su comprobación las diferentes luminosidades que aparecen en la imagen sobre su grado longitudinal.

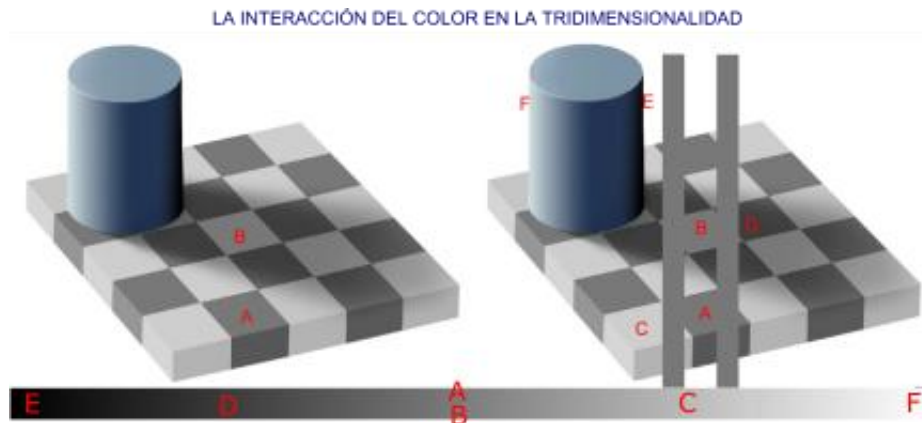


Figura 207

5.3.5.5. Interacción de formas en la profundidad

En la tridimensionalidad se produce la interacción de formas de igual forma, dos objetos de diferente tamaño en la imagen visual, pueden ser percibidos como de igual tamaño debido a la distorsión que estamos acostumbrados a experimentar en la perspectiva visual (Figura 208).

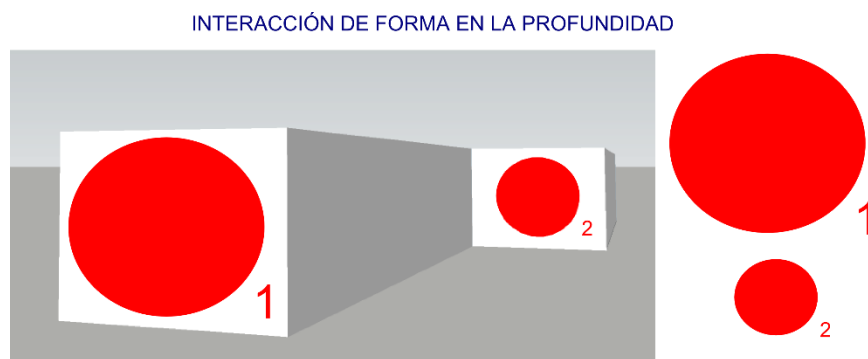


Figura 208

5.3.5.6. El color ambiental

El color ambiental es el color en el lugar donde acontece, es decir el color en la escena. Sabemos que un mismo color puede variar dependiendo de si la luz es artificial o natural, en el caso de ser artificial puede variar dependiendo de las cualidades de la luminaria, si es natural varía en dependiendo de las horas del día y de las fechas del año. El color también depende de la orientación y de la posición del objeto al que pertenece, depende de los objetos que existen a su lado y de sus interacciones, etc. Cada escena provoca que un color determinado se perciba de una forma o de otra, por lo tanto se hace imprescindible conocer el abanico de factores que provocan la variabilidad para poder controlar las sensaciones que este transmita. Esto lo veremos detenidamente al estudiar la variabilidad (5.3.5.4↔5.4.4.4).

No obstante, sobre el color ambiental podemos referirnos a las investigaciones de Roberto Daniel Lozano sobre esquemas de color en diseño ambiental su estudio *“El color y su medición”* de 1978, según explica Caivano¹⁸⁶. Este estudio hace referencia a las diferentes cualidades perceptuales del color y sus interacciones de contraste con el objetivo de ser

¹⁸⁶ CAIVANO, José Luis. 2011. *Armonías del color* (Argentina: Grupo Argentino del Color)

adecuadamente utilizados en diferentes ambientes y escenas ambientales.

Con respecto al tinte del color, en primer lugar sobre los colores cálidos aconseja su utilización si: el ambiente da al sur en el hemisferio sur o al norte en el hemisferio norte, la temperatura ambiente es baja, el ambiente es muy grande, el ruido de fondo es bajo, la textura de los elementos existentes es moderada, la actividad a desarrollar no implica esfuerzo físico, el tiempo de permanencia es corto, se desea una atmósfera estimulante, o la iluminación es fluorescente fría. Por otro lado, nos dice que los colores fríos son aconsejables si: el ambiente da al norte en el hemisferio sur o al sur en el hemisferio norte, la temperatura media ambiente es elevada, el ambiente es muy pequeño, el ruido de fondo es alto, la textura de los elementos es muy destacada, la actividad a desarrollar requiere esfuerzo físico, el tiempo de permanencia es largo, se desea una atmósfera tranquilizante o la iluminación es incandescente o fluorescente cálida.

Con respecto a la saturación del color, nos advierte que los colores deben ser saturados en el caso de que: el tiempo de permanencia es o debe ser corto, se desea una atmósfera viva, el ruido de fondo es bajo, o el gusto y el olfato tienen poca importancia. Sin embargo, deben ser desaturados si: el tiempo de permanencia es largo, se desea una atmósfera relajada, el nivel de ruido es alto, o los sentidos del gusto y el olfato son importantes.

Con respecto a la interacción mediante el contraste de color a través de sus luminosidades, saturaciones o tintes aconseja utilizar un contraste elevado si: el tiempo de permanencia es corto, el ambiente es grande, se desea una atmósfera viva y excitante o, las paredes son lisas. En contraposición, aconseja no usar combinaciones contrastantes si: el tiempo de permanencia es largo, el ambiente es pequeño, se desea un ambiente tranquilizador o las paredes son texturadas.

Como vemos son consejos generales interesantes, aunque en cada situación ambiental, con unas características y variabilidades concretas se debe estudiar de forma particular.

5.3.6. LA SENSACIÓN DE MOVIMIENTO

Como vimos la imagen visuales constantemente variable en el tiempo. La variación de la imagen visual de forma continua nos da la sensación de movimiento. Si la variación no es continua, se produce una intermitencia en la imagen visual. Lo normal es que las variaciones en nuestra imagen visual se den de forma continua, ya que la continuidad es una de las características de nuestra visión. Por lo tanto, vamos a centrarnos en el movimiento visual como el resultado de la variabilidad de la imagen en el tiempo. Según Caivano¹⁸⁷; *“Estamos acostumbrados a entender el movimiento como el simple desplazamiento de un objeto, pero también debe incluirse en esta noción cualquier cambio de apariencia que se opere en un lapso de tiempo”*.

5.3.6.1. La variabilidad y la constancia visual en el tiempo

Nada de lo que vemos permanece estable ni constante: el tamaño de los objetos varía dependiendo de nuestra posición; la forma se modifica por la perspectiva, etc. Por el contrario, nuestro cerebro es capaz de percibir un color constante, conocer el tamaño de los objetos al contemplar la misma forma, aunque nuestra perspectiva haya cambiado como hemos visto.

¹⁸⁷ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

La constancia se establece con el reconocimiento, pero también antes de este, es decir un elemento visual no reconocido que cambia ciertas cualidades visuales pero mantiene fuertemente otras en el transcurso del tiempo sigue experimentándose como el mismo elemento a pesar de esos cambios y de no ser reconocido. A la constancia sin reconocimiento la vamos a denominar constancia sensorial, porque en definitiva lo que existe es una variación de sensaciones que se asignan a la percepción de un mismo objeto visual.

El cerebro asocia las características constantes e invariables de los elementos visuales a partir de los innumerables estímulos que recibe de ellos. El cerebro no se limita a reproducir sin más las sensaciones que capta, sino que las asocia en el tiempo elaborando códigos de información estables.

Todas las cualidades obedecen al principio de constancia, es decir aunque un elemento cambie de forma, de color, de espacio o se mueva seguirá pareciendo constante siempre y cuando por otro lado mantenga alguna de estas cualidades estables y constantes. Por lo tanto, la constancia visual en el tiempo se propone como indispensable para nuestra relación con nuestro medio ambiente en constante cambio, movimiento y variación.

5.3.6.2. Tipos de movimiento

Los movimientos en la imagen visual pueden darse debido a dos causas o a las dos actuando de forma simultánea. Estas son; el movimiento debido al cambio o variación en la visión del observador y el movimiento debido al cambio o variación de los objetos visuales que aparecen en la imagen visual.

Movimiento en la visión de un observador

En el movimiento de la visión de un observador cambia la imagen debido a que aparece una traslación o un giro en el marco visual, por lo que la imagen varía al aparecer nuevos elementos visuales y desaparecer otros (Figura 209).

Sin embargo, si no hay movimiento en las figuras y objetos visuales que componen la escena, estos mantienen sus posiciones relativas en la imagen. Por lo tanto, las figuras, las delimitaciones, los degradados y los colores cambian de posición en la imagen visual, pero mantienen sus posiciones relativas.

MOVIMIENTO DEBIDO AL CAMBIO DEL PUNTO DE VISTA DEL OBSERVADOR

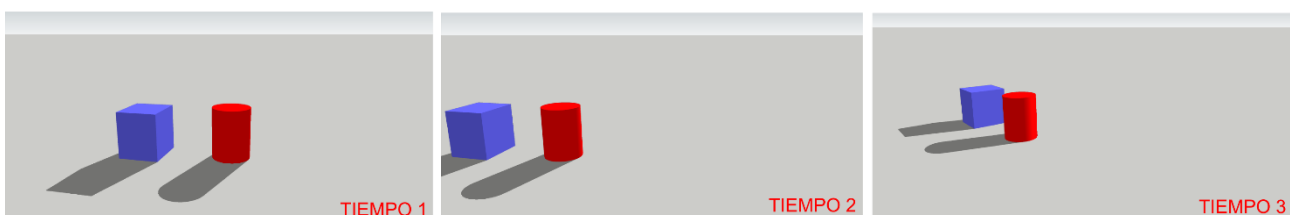


Figura 209

Movimiento de un elemento visual

Este movimiento aparece al asociar una misma sensación de forma y/o color que varía con el paso de tiempo en la continuidad de una misma imagen visual, es decir cuando cambian algunas figuras, delimitaciones, degradados, y por tanto alguna parte de la distribución de los diferentes colores de la imagen visual (Figura 210).

MOVIMIENTO DEBIDO AL CAMBIO DEL OBJETO

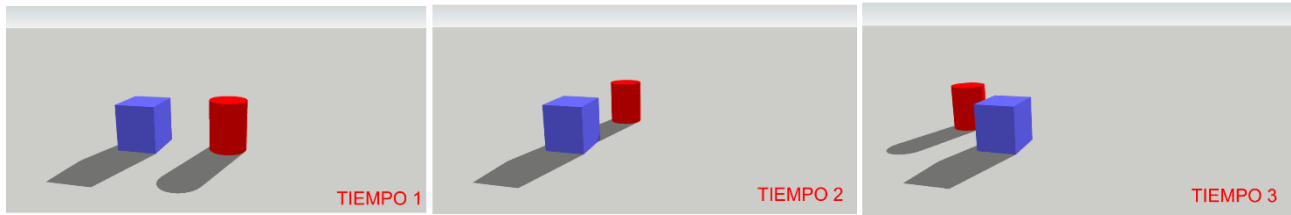


Figura 210

Podemos detectar el movimiento antes de reconocer signos de color o forma. Como vimos, el movimiento se detecta a lo largo y ancho de nuestro campo visual, mientras que el enfoque solo aparece en la zona central de nuestra visión. Por lo tanto, el movimiento repentino es aquello en lo que primero nos fijamos.

Existe sensación de movimiento por continuidad temporal, o sea con la variación de la distribución o de alguna cualidad de los colores en la continuidad temporal sobre nuestra imagen visual. Dentro de los diferentes tipos de movimientos encontramos:

Cambio de posición

La forma se desplaza gradualmente en la imagen visual (Figura 211). La figura o delimitaciones y/o degradados que la forman no siguen siendo exactamente los mismos, pero mantienen parte de sus cualidades y relaciones formales. Esto junto con la continuidad en la sucesión temporal, nos hacen percibir que el objeto siga siendo el mismo aunque se encuentre en una posición en diferente de la imagen visual.

El desplazamiento de una figura en una imagen se puede determinar determinando la distancia que separa el centro de gravedad en un primer instante respecto del centro de gravedad de la misma figura en un segundo instante, no obstante este desplazamiento no tiene por qué ser proporcional al desplazamiento realizado en el espacio físico.



Figura 211

Cambio de orientación

En este caso, sucede lo mismo que en el caso anterior pero aquí aparece un giro o rotación en vez de una traslación (Figura 208). Por lo tanto, la figura puede cambiar más de forma y de color. Lo que se percibe es una rotación respecto un punto que puede estar dentro o fuera de la imagen visual. El giro se puede determinar mediante el ángulo girado en su eje direccional respecto su centro de gravedad y sucede lo mismo que en el caso anterior el giro en la imagen no tiene que corresponderse con el giro físico realizado por el objeto tridimensional.

Cambio de tamaño

Aparece cuando la figura manteniendo su misma posición y proporciones cambia de tamaño en la imagen visual. En la imagen visual aparece cuando se hincha un globo. Sin embargo, visualmente se corresponde con acercamiento o alejamiento del objeto respecto del eje del punto de vista del observador. La variación de tamaño se determina por el

factor de escala adoptado entre los dos instantes observados.

Cambio de forma

Un objeto tridimensional cambia de forma cuando alguna de sus partes varía en el tiempo respecto de las otras. Por lo tanto, es cuando existe un cambio de posición, de orientación o de tamaño de una de las partes respecto de las otras, es decir cambio de sus cualidades visuales de una parte material del objeto, manteniéndose el resto igual (Figura 212).

En el cambio de forma total, desaparece cualquier vinculación visual con el pasado, no hay delimitaciones, ni colores que se mantiene estables, por lo tanto solo tenemos como referencia la continuidad visual en la que se han desarrollado las variaciones visuales para seguir el movimiento.

EJEMPLOS DE CAMBIO DE FORMA

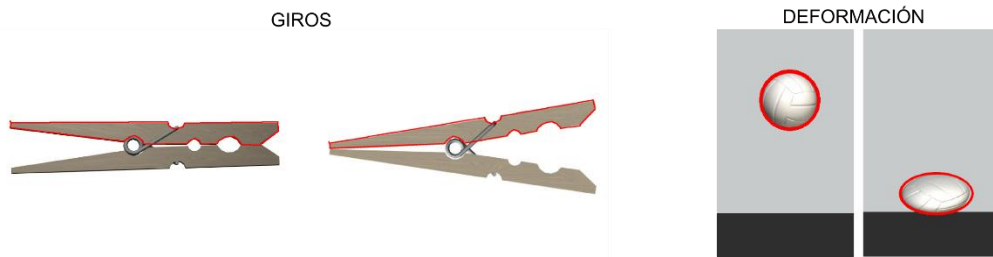


Figura 212

Cambio de color

Existe un movimiento aparente con el cambio de color con delimitación estable. Esta variación puede ser gradual por continuidad o brusca sin continuidad. Este efecto es típico de las luces de colores donde percibimos un movimiento físico cuando en realidad no existe (Figura 213).

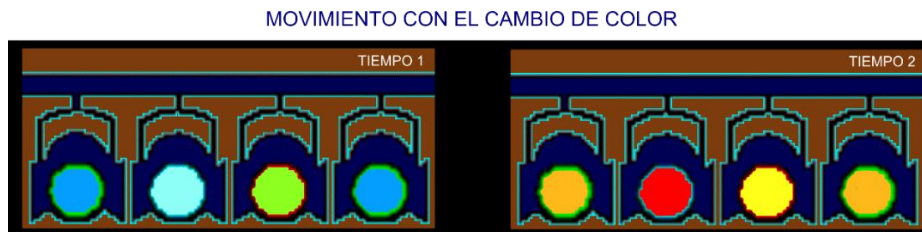


Figura 213

Cambio por combinación de las anteriores por continuidad temporal

Es muy normal que en el movimiento aparezcan varios factores variables actuando a la vez. Por lo que la sensación de movimiento es más evidente (Figura 214).

También, es muy habitual que existan varios objetos moviéndose simultáneamente en nuestra imagen visual, los cuales pueden tener cierta coordinación entre ellos o ninguna. De igual forma, como hemos comentado también es normal además que nosotros también variemos nuestro punto de vista constantemente. Por lo tanto, vivimos en un mundo visual en constante variación donde experimentamos cierta estabilidad debido a la constancia perceptual como veremos en (5.4.4.2).



Figura 214

5.3.7. LA INTERACCIÓN Y LA ORGANIZACIÓN DE LAS CUALIDADES SENSORIALES EN LA IMAGEN VISUAL

Los fundamentos de la Gestalt¹⁸⁸ establecen que las interacciones que se crean en la información sensorial recibida configuran nuestra imagen visual siguiendo ciertos patrones o principios perceptuales¹⁸⁹. Estas configuraciones se crean debido a ciertas acciones de atracción y repulsión visual que aparecen entre los diferentes elementos que forman nuestra imagen. Por lo tanto, estas interacciones agrupan o segregan los elementos visuales ayudándonos de esta forma a identificar y determinar los objetos que nos rodean en nuestros escenarios cotidianos.

Tanto la agrupación, como la segregación actúan de forma global sobre las diferentes cualidades que constituyen nuestra imagen visual. Las cualidades básicas de nuestra imagen visual nos transmiten sensaciones como vimos (ref) las sensaciones de color, de forma, de profundidad (espacialidad) y de movimiento.

Aunque se han conceptualizado por separado, debemos de recordar que estas cualidades no se perciben de forma aislada, sino se perciben todas a la vez, interaccionadas entre ellas y conformando la unidad o totalidad gestáltica. Esta interacción global atiende al axioma que ilustra la Gestalt "El todo es mayor que la suma de sus partes", ya que en el momento en que modifiquemos o quitemos alguna cualidad de una imagen, sus interacciones visuales cambiarán y la percepción que obtendremos será diferente.

La Psicología de la Gestalt¹⁹⁰ tiene aplicación en multitud de disciplinas como la psicoterapia, la educación, la publicidad, el diseño gráfico, la sociología, etc. Nosotros nos vamos a centrar exclusivamente en el estudio de su acción sobre la experiencia visual.

5.3.7.1. La agrupación y la segregación visual

Las acciones de segregación y de agrupación (asociación) de las cualidades básicas de la imagen visual aparecen de forma instintiva. Segregamos cuando separamos ciertos elementos del resto de nuestra imagen visual y asociamos cuando agrupamos otros elementos de nuestra imagen visual en unidades visuales de nivel compositivo superior.

¹⁸⁸ KOFFKA, Kurt. 2013. *An Introduction to de Gestalt Theory: A classic article in the history of psychology* (David webb BSc (hons), MSc: Free Psychology Books Initiative)

¹⁸⁹ KOFFKA, Kurt, 1935. *Principles of Gestalt Psychology* (Oxon: Routledge)

¹⁹⁰ KOHLER, Wolfgang. 1947. *Gestalt Psychology* (New York: Liverright Publishing Corporation)

Hablamos de concepciones sensoriales instintivas porque no es necesario el reconocimiento para que se cree la segregación o la asociación visual, o sea, creamos y desvinculamos elementos visuales independientemente de que tengan significado o que no lo tengan para nosotros. No obstante, aunque las acciones son instintivas dependen de los diferentes factores visuales que se activen en cada persona. Es decir, en dos personas se pueden activar diversos mecanismos de segregación y asociación sobre una misma imagen en función de su atención y reconocimiento visual que realicen sobre esta. De hecho, este es el fundamento de las ilusiones ópticas o la dualidad perceptiva sobre una misma imagen.

La agrupación y la segregación en realidad pertenecen a una misma acción que adopta dos direcciones diferentes. Cuando las cualidades se muestran con evidencias como semejantes o diferentes entonces la acción se posiciona instantáneamente, agrupando cuando son semejantes y segregando cuando son diferentes, sin embargo cuando existe ambigüedad, actúa la acción que primeramente prevalezca en la atención y el reconocimiento. Podemos decir que los elementos se muestran segregados mientras que no se detecte ningún rasgo agrupador entre ellos.

Köhler¹⁹¹ resumió la teoría de la Gestalt sobre la percepción en la siguiente afirmación: “*Nuestro punto de vista es que el organismo, en lugar de reaccionar a estímulos locales, responde a la pauta de los estímulos a los que se halla expuesto; y esta respuesta es un todo unitario, funcional, que constituye una experiencia, una escena sensorial más que un mosaico de sensaciones locales*”. Por lo tanto, nuestra escena o imagen visual se entiende como una globalidad donde todo entra en juego, es decir todo interacciona con todo, y por lo tanto, todo tiende a agruparse o a segregarse.

Dentro de las diferentes áreas de nuestra imagen visual pueden existir diferentes niveles de agrupación. Por ejemplos, unos elementos visuales elementales pueden agruparse en una unidad, y esta unidad visual a su vez puede agruparse con otras unidades visuales de su mismo nivel creando otro grupo esta vez de nivel superior. Este proceso puede repetirse de forma consecutiva hasta que la amplitud de nuestra imagen nos lo permita.

Dentro de la segregación, el principio fondo-figura es el que se establece como referencia para diferenciar en la imagen visual unos elementos de otros. En general, la figura visual mediante su delimitación suele segregarse del fondo que le rodea. Esta acción nos permite distinguir unos objetos de otros en la imagen visual a través de sus figuras. Cuando la figura es compleja, suele estar asociada.

Las asociaciones perceptuales tienden a agrupar los elementos visuales distintos, por lo tanto hacen la acción contraria que la segregación, nos ayudan a definir objetos visualmente. Los principios que más entran en juego son el de semejanza y el de proximidad.

Aunque, los Principios de la Gestalt, los enunciemos por separado, actúan de forma simultáneamente y se influyen mutuamente creando respuestas donde en ocasiones es difícil de discernir el grado con el que actúa cada uno.

5.3.7.2. Los principios de la Gestalt

Uno de los principios fundamentales de la Gestalt es el *Principio de la Pregnancia* o de *La Buena Forma*. Este principio afirma que de forma natural tenemos una predisposición a percibir las formas de la manera más simple posibles. Las cualidades visuales tienden a conformarse de la forma visual más consistente, segregando el resto de la información

¹⁹¹ KOHLER, Wolfgang. 1972. *Psicología de la forma* (Madrid: Biblioteca Nueva)

visual en dicha imagen. De esta manera, elementos formales de una imagen visual pueden ser entendidos como un solo elemento o unidad, aunque se encuentren separados espacialmente. Esto es debido a que la acción de los *Principios de Agrupación* está actuando con gran consistencia sobre la totalidad de dicha imagen.

La buena forma se concreta en tres principios relacionados que son el de *Cierre*, el de *Continuidad* y el de *Dirección Común* (Figura 215). En estos ejemplos, podemos experimentar como completamos de forma innata el círculo (Figura 215a), como continuamos las tres líneas blancas entendiéndolas como unidades agrupadas (Figura 215b) o como al observar el movimiento de tres objetos en la misma dirección, los entendemos como un solo elemento (Figura 215c).

CIERRE, CONTINUIDAD Y DIRECCIÓN COMÚN EN LA PREGNANCIA

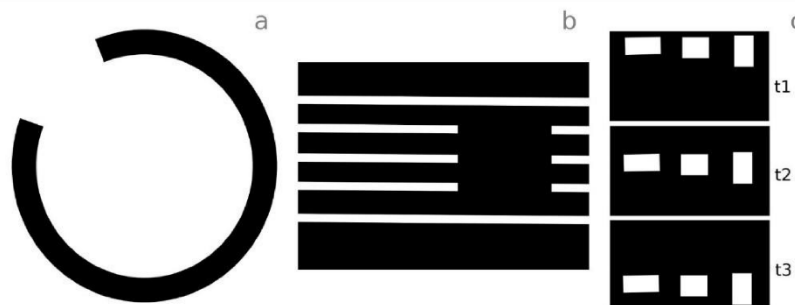


Figura 215

En la imagen visual de nuestras escenas cotidianas, por ejemplo en una imagen urbana, la buena forma aparece cuando visualizamos y entendemos claramente los elementos, los edificios y los espacios arquitectónicos que nos rodean. En la primera imagen (Figura 216a), completamos la parte superior del edificio cerrándola de forma circular aunque no la visualicemos en su totalidad. En la segunda imagen (Figura 216b), enlazamos las franjas lineales por continuidad haciendo del conjunto una sola unidad. En la tercera imagen (Figura 216c), se representan tres puntos de vista de un observador según se va moviendo. En este caso, la referencia de direccionalidad espacial común de los tres bloques provoca la asociación perceptual de estos en un mismo conjunto.

EL CIERRE, LA CONTINUIDAD Y LA DIRECCIÓN COMÚN EN IMAGENES DE ESCENAS URBANAS



Figura 216

Otro de los principios que actúa con gran fuerza sobre nuestra imagen visual es el de *Figura-Fondo*⁴. En nuestra imagen visual, los elementos visuales atendidos se configuran como la figura, destacándola del resto de información visual que la rodea, que se configura como fondo. Por lo tanto, este es un principio de segregación. Dicha segregación se puede acentuar aplicando el *Principio del Contraste*. El contraste como vimos, se puede acentuar mediante la variación de diversas cualidades visuales como son las formales y las de color. Evidentemente cuanto más contraste formal y de color exista más se acentuara la segregación.

Para acentuar el contraste de color en una imagen (Figura 217) podemos actuar sobre sus cualidades acromáticas y/o sobre sus cualidades cromáticas. El contraste acromático o de luminosidad se incrementa cuando el rango de luminosidad entre figura-fondo se hace mayor. El máximo contraste lumínico parece cuando un elemento es blanco puro y el otro negro (Figura 217a). Cuando figura y fondo tienen igual luminosidad, solo puede existir contraste cromático (Figura 217c y d). En el contraste cromático según se alejen más los tonos y los cromas entre los colores, más se intensificará el contraste. Los tonos más alejados son los complementarios (Figura 217b y c). Cuando el contraste es sólo de croma (Figura 217d), entonces el tono y la luminosidad son iguales. Si utilizamos sólo el croma para crear contraste debemos saber que diferentes tonos tienen diferentes rangos de croma por lo que la posibilidad de contrastar dependerá del tono elegido.

DIFERENTES TIPOS DE CONTRASTES EN LA SEGREGACIÓN FIGURA-FONDO

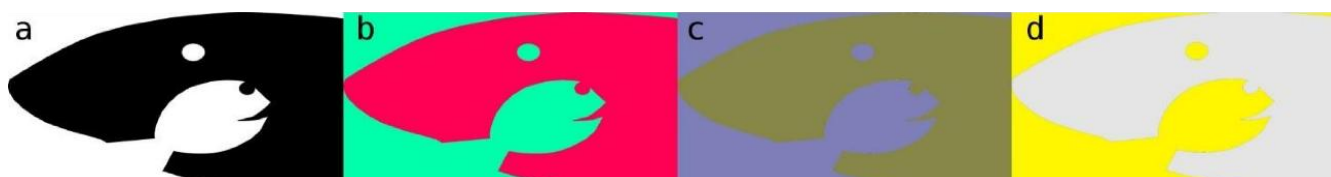


Figura 217

El principio de fondo-figura lo aplicamos constantemente en nuestra vida y por tanto, en todo tipo de escenas e imágenes visuales. Este principio introducido por E. Rubin¹⁹², ha sido extensamente tratado en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo por autores como Arnheim¹⁹³ o Norberg-Schulz¹⁹⁴, los cuales han ampliado el concepto al ámbito espacial y a la variación temporal. Podemos observar de cómo actúa en nuestros escenarios cotidianos, mostrando un ejemplo de una imagen nocturna del MA en Granada (Figura 218).

SEGREGACIÓN FIGURA-FONDO POR ACENTUACIÓN DE CONTRASTE EN LA IMAGEN DE UN EDIFICIO

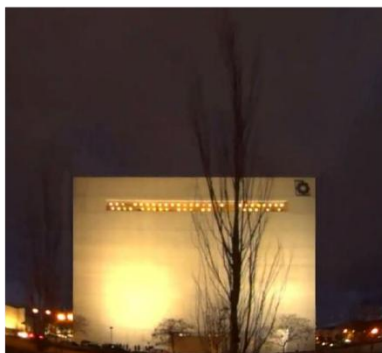


Figura 218

En este sentido, es interesante la aportación realizada por Mariana Coimbra de Lima¹⁹⁵, sobre el uso que se puede hacer de la iluminación artificial para enfatizar el principio deseado. Con la iluminación nocturna podemos encontrar multitud de ejemplos de enfatización de contraste en la segregación figura-fondo.

¹⁹² PIND Jörgen L. 2012. *Figure and ground at 100*. (Iceland: School of Health Sciences, University of Iceland read discuss contribute at www.thepsychologist.org.uk)

¹⁹³ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

¹⁹⁴ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

¹⁹⁵ COIMBRA DE LIMA, Mariana .2011. *Gestalt aplicada a la arquitectura e iluminación*. (Luces CEI nº 44)

El contraste formal aparece cuando vemos al menos dos formas o delimitaciones segregadas en la imagen, ya que para que exista comparación, deben existir al menos dos elementos o cualidades a contrastar. En este caso se produce una comparación entre ellas, siendo el tamaño y la forma las cualidades que más lo acentúan. Cuanta más diferencia de tamaño exista entre dos elementos visuales, más desligados y segregados parecerá estar. Si además, la forma de ambos difiere en gran medida, el contraste entre éstas se incrementará (Figura 219).

CONTRASTE DE FORMAS EN LA SEGREGACIÓN VISUAL

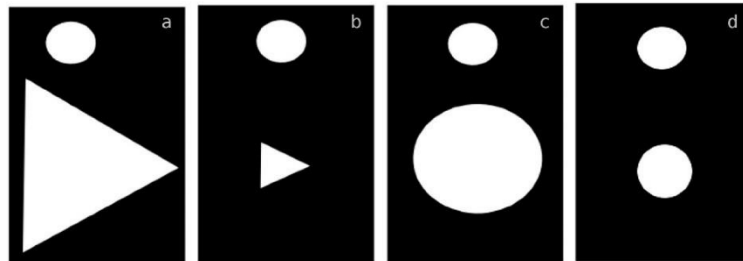


Figura 219

En la imagen de una escena arquitectónica el efecto de una perturbación por contraste intencionado sobre un entorno formal homogéneo crea una llamada de atención. Por ejemplo, se observa cuando un edificio singular destaca sobre el resto del entorno donde se sitúa (Figura 220). Cuando en una imagen aparecen varios elementos contrastantes entonces se produce una lucha entre ellos, y según se va aumentando el número de elementos perturbadores, van apareciendo más tensiones. El problema aparece cuando no son introducidas intencionadamente, ya pueden llegar a crear un caos visual total.

EL CONTRASTE DE UNA FORMA VISUAL PREDOMINANTE EN UNA IMAGEN URBANA



Figura 220

Por lo tanto, cuando un elemento o un grupo formal destacan del resto, entonces se debe a la activación de este principio actuando sobre las cualidades anteriormente comentadas.

Los principios de agrupación explican nuestra tendencia a asociar ciertos elementos de la imagen visual como pertenecientes a la misma unidad o grupo. Estos principios son; el de *Semejanza*, el de *Proximidad*, el de *Región Común*, el de *Conexión de Elementos* y el de *Significación*.

El Principio de la Semejanza describe como agrupamos los elementos iguales o similares en una sola entidad debido a la semejanza de una o algunas de sus cualidades visuales básicas. Las cualidades visuales que más acentúan la agrupación son; de forma, de color, de tamaño, de orientación, de textura y de *Cesía*¹⁹⁶ (Figura 221). Cuantas más cualidades sean

¹⁹⁶ CAIVANO, José Luis. 1991. *Cesía: A system of visual signs complementing color*. (Color Research and Application 16 (4), p. 258-268)

semejantes, la configuración resultante por agrupación será también más estable. En este sentido hay que hacer notar que existen cualidades que pueden actuar con más fuerza en la agrupación que otras, por ejemplo, las igualdades de color, pueden crear un efecto de atracción perceptual mayor que las igualdades de forma (Figura 221a y b).

SEMEJANZA DE FORMA, DE COLOR, DE TAMAÑO, DE ORIENTACIÓN, DE TEXTURA Y DE CESÍA

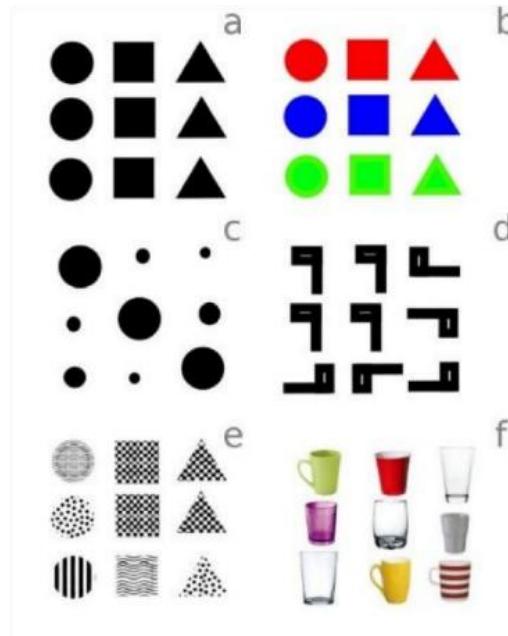


Figura 221

Aunque el tamaño sea diferente, si la forma de las figuras sigue repitiéndose entonces también aparece la agrupación (Figura 221c). Cuando la figura tiene rasgos bien definidos, aunque cambie de orientación en su repetición sigue persistiendo su asociación por semejanza (Figura 221d). Por otro lado, existen agrupaciones dentro de agrupaciones como sucede con diversos tipos de texturas que comparten elementos en común y se encuentran separadas unas de otras en la imagen visual, o como sucede la formas superficiales de segundo nivel que se repiten aunque sus texturas sean diferentes (Figura 221e). Por último, la semejanza también aparece por repetición de apariencias superficiales. En este caso, debe aparecer primeramente el reconocimiento de la cualidad superficial o material. Por ejemplo, si se reconoce la transparencia en varios elementos, entonces todo elemento reconocido como transparente será agrupado en una misma unidad (Figura 221f). El tema del reconocimiento de apariencias se muestra en (5.4.2).

Según aumenta el grado de semejanza, sea de un solo tipo o sea la combinación de varias características a la vez, afecta a la agrupación haciéndola más sólida y estable. Por ejemplo, dos características visuales pueden ser totalmente iguales, e ir variando poco a poco hasta el punto de no compartir nada en absoluto, algo análogo a lo que pasaba con el contraste pero con efecto contrario. Por ejemplo, dos colores que comparten iguales cualidades e interacciones, en principio se verán iguales en la misma escena. No obstante, si variamos un poco el cromatismo o la luminosidad, la asociación seguirá persistiendo aunque perderá un poco de fuerza, si seguimos variando sus valores llegará un momento en el que la asociación desaparezca con un valor de atracción nulo, pasando el color en este caso al otro polo, es decir, al del contraste con cierto valor de repulsión.

El principio de semejanza junto con el de proximidad actúan al unísono con tanta fuerza que son las responsables de activar la aparición de texturas visuales, ya que la repetición de forma y color ocupando un mismo espacio o zona de la imagen visual nos transmiten dicha sensación (Figura 222). Por lo tanto, la sensación de textura aparece siempre que se cree una asociación por semejanza de forma y color de forma agrupada en la imagen visual.

CREACIÓN DE TEXTURAS POR LA ACCIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE SEMEJANZA Y PROXIMIDAD



Figura 222

La agrupación por proximidad establece que los elementos que se encuentran relativamente cercanos, se perciben formando una misma unidad o grupo, por lo tanto este principio está basado en la distancia entre elementos aunque no sean iguales. Por ejemplo, figuras con delimitaciones diversas, el grupo en el que se encuentran más próximas crea una unidad o grupo (Figura 223a). Evidentemente, si además los elementos son semejantes entonces la Gestalt es más fuerte creando texturas como hemos visto. Un estudio interesante en este sentido, es el realizado por Michael Kubovy and Martin van den Berg¹⁹⁷, el cual estudia el efecto conjunto de estos dos principios. Su investigación llega a la conclusión de que la totalidad es igual a la suma de las partes. Sentencia, que hace referencia al efecto que crean las interacciones cuando se activan estos principios. Es decir, el efecto conjunto creado por estos dos principios es igual a la suma de cada efecto analizado por separado. Algo diferente a la concepción del axioma de la Gestalt que lo que reclama es que nunca podemos obviar la existencia de dichas interacciones.

El Principio de la Región Común dispone que los elementos que están dentro de la misma región del espacio se perciben agrupados (Figura 223b). La Conexión de los Elementos establece que los estímulos que están físicamente conectados perteneciendo a la misma delimitación (Figura 223c) o figuras enlazadas se perciben como una unidad.

¹⁹⁷ KUBOVY, Michael and VAN DEN BERG, Martin .2008. The Whole Is Equal to the Sum of Its Parts: A Probabilistic Model of Grouping by Proximity and Similarity in Regular Patterns. (Psychological Review, Vol. 115, No. 1, 131–154)

AGRUPACIÓN POR PROXIMIDAD, POR REGIÓN COMÚN, POR CONEXIÓN DE ELEMENTOS Y POR SIGNIFICACIÓN

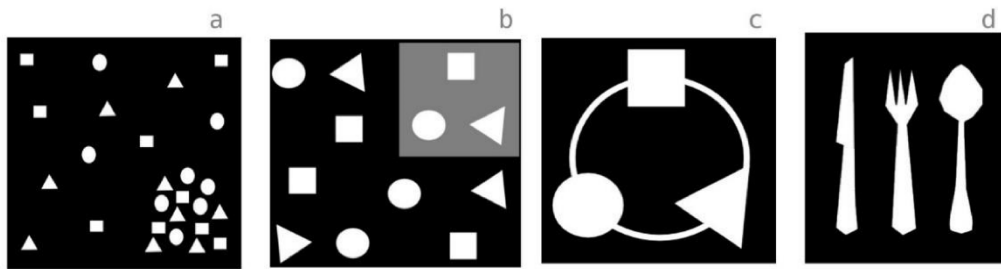


Figura 223

Por otro lado, *el Principio de la Significación* (Figura 223d) se diferencia de los anteriores porque requiere un reconocimiento previo¹¹, es decir no se activa hasta que se procesa significativamente la información, algo no requerido por las anteriores agrupaciones que son inmediatas. De esta forma, un conjunto de estímulos se podrá percibir como un grupo o unidad si dichos estímulos al ser reconocidos, y nos transmiten una significación relacionada. En este caso, se agrupan al determinar en ellos una relación familiar o significativa. Por ejemplo, una serie de figuras que reconozcamos como pertenecientes a la categoría de cubiertos, aunque tengan formas diferentes se asocian como una unidad independiente que atiende a un significado, es decir a un juego de cubertería.

En nuestras imágenes cotidianas, el principio de proximidad se activa constantemente. Por ejemplo, en escenas urbanas es normal encontrar edificaciones unidas o muy próximas entre ellas. Un ejemplo lo observamos cuando edificios diferentes se adosan unos a otros, independientemente de que detectemos perfectamente las delimitaciones que los separan, son percibidos como conformando una sola unidad (Figura 224a). En cuanto la región común, la percibimos en nuestro entorno cuando un vallado o un muro, cerca un espacio consolidándolo como un solo elemento, aunque los elementos interiores sean muy dispares (Figura 224b). En torno a la conexión de elementos, podemos encontrar lugares donde un mismo tipo de suelo o un mismo espacio interior, se encuentra conectando elementos formalmente diferentes y haciendo que se visualicen como una sola unidad (Figura 224c). La significación en imágenes urbanas hace que edificios y espacios de estilos y/o épocas diferentes sean agrupados en una sola unidad debido a razones históricas, culturales, religiosas o simbólicas. Por ejemplo, existen imágenes donde aparecen edificios y espacios de estilos y épocas diferentes que son entendidos como pertenecientes a una misma unidad, a pesar de que sus elementos formales sean diferentes. Un ejemplo es la imagen de la Alhambra de observada desde el mirador de San Nicolás (Figura 224d).

AGRUPACIÓN POR PROXIMIDAD, POR REGIÓN COMÚN, POR CONEXIÓN Y POR SIGNIFICACIÓN.



Figura 224

Todos estos principios de agrupación actúan sobre nuestra experiencia visual en todo tipo de escenas o imágenes, independientemente de hayamos ejemplificado con imágenes arquitectónicas activamente. Por otro lado, como hemos comentado no actúan de forma independiente, si no que interactúan simultáneamente sobre la totalidad o Gestalt. Un

avance significativo en el estudio del efecto conjunto de varios principios actuando a la vez sobre dibujos arquitectónicos es el realizado por varios autores entre ellos Liangliang Nan y Andrei Sharf¹⁹⁸ Su estudio muestra un gran avance hacia la abstracción perceptual. Sin embargo, trabajan con delineaciones planas, sobre todo ortogonales, con el fin de simplificar la computación de la complejidad visual real. La fuerza con la que pueden actuar las otras cualidades visuales y su variabilidad, hace que la idea del control total de la acción conjunta de los principios perceptivos sobre la imagen visual se vea lejana.

5.3.7.3. Los diferentes niveles en la interacción visual

La semejanza y el contraste por lo tanto se configuran como acciones esenciales para determinar visualmente los diferentes objetos que aparecen en la imagen visual. No obstante, como hemos comentado dentro de las acciones de agrupación y de segregación existen diferentes niveles o grados.

El primer nivel, queda definido por la agrupación y segregación de elementos formales o figuras simples. Es decir, elementos visuales monocromáticos que con cierta separación en la imagen visual entran en acción. Cuando se establece asociación entre ellos, entonces se crea un grupo independiente que se denomina de primer nivel, al estar conformado por elementos primarios. En esta situación puede suceder que la nueva unidad entre en contacto con otras unidades de su mismo nivel. En el caso hipotético de que el otro elemento, estuviera conformado con las mismas condiciones formales que el anterior, entonces no aparecería límite entre ellos por lo que se entendería como una continuidad de la misma asociación. Por lo tanto, para que se establezca una asociación de segundo nivel, deben existir ciertas características que diferencien dichos niveles.

Un ejemplo (Figura 225), es que se mantenga la repetición de formas pero que aparezcan límites espaciales que sirven de separadores entre ellos. Otro puede ser que los fondos sean diferentes entre las diferentes agrupaciones. También, es evidente cuando las formas de figuras elementales de cada unidad son diferentes o cuando cambian sus colores.

TIPOS DE ASOCIACIÓN DE SEGUNDO NIVEL

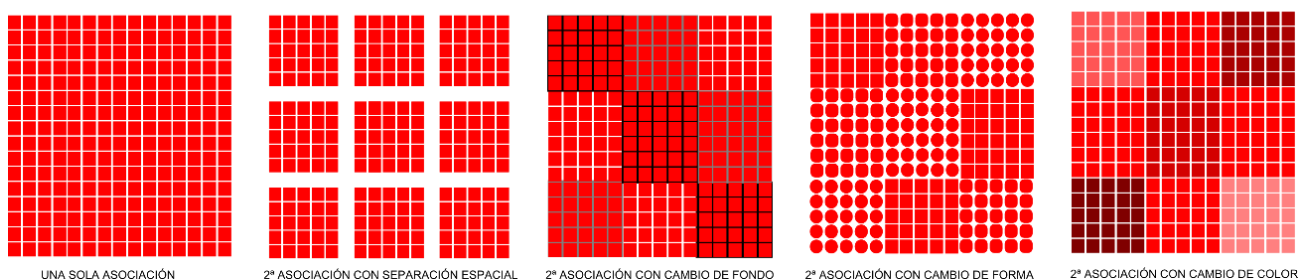


Figura 225

En principio, la sucesión de niveles puede repetirse hasta que la imagen visual lo permita. Por otro lado, la estructura compositiva de estos niveles se formaliza de la misma forma que los niveles objetuales (5.4.5.1).

¹⁹⁸ NAN, Liangliang et al SHARF, Andrei et al XIE, Ke et al WONG, Tien-Tsin et al DEUSSEN, COHEN-OR, Oliver and Daniel et al CHEN, Baoquan .2011. *Conjoining Gestalt Rules for Abstraction of Architectural Drawings*. (SIGGRAPH Asia Conference. Article N°.185)

5.4. LA PERCEPCIÓN VISUAL

Para empezar este punto, nos gustaría hacer referencia a las palabras de Fernanda García Gil¹⁹⁹, en torno a la imagen visual;

“así, la imagen visual y sus fenómenos constituyentes, vienen a ser nuestra continua y particular creación del mundo, sobre todo al cerrarse el ciclo buscando su comprensión (de la sensación a la emoción y el conocimiento). Por eso, cada vez que miramos estamos construyendo el mundo, nos falta la consciencia de todos esos instantes. Cuando esta consciencia y/o emoción está presente, cualquier hombre o mujer se convierte en creador”.

5.4.1. EL PROCESO DE LA PERCEPCIÓN

5.4.1.1. El ciclo perceptivo

Para describir el proceso de la percepción hemos tomado como base el esquema propuesto por E. Bruce Goldstein en su libro *Sensación y percepción*²⁰⁰. Por lo tanto, vamos a explicar cómo se sucede ciclo del proceso perceptivo tal como se representa en la (Figura 226) como una secuencia de fases, que incluyen la acción que llega del entorno, la sensación que aparece, la percepción y, finalmente, la reacción tomada respecto a la acción sensorial, dado que nuestra interacción con el medio físico que nos rodea es continua, el proceso perceptual también lo es, por lo que continuamente según nos desenvolvemos estamos recibiendo estímulos del exterior, obteniendo sensaciones y desarrollando percepciones. Por lo tanto, a continuación vamos a mostrar mediante ejemplos, cada uno de los pasos mencionados empezando desde el estímulo ambiental.

¹⁹⁹ GARCÍA GIL, F; PEÑA MÉNDEZ, M; DIAZ BUCERO, JESUS; ROMERO TORRES, J; LERMA PELAEZ, J.G; (G.I). 2000. *Impresiones Lumínicas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística). Artículo: Autora: Fernanda García Gil. *Luz y Sombra: Texto Topográfico de las Imágenes*

²⁰⁰ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

ESQUEMA DEL CICLO DEL PROCESO PERCEPTIVO



Figura 226

Estímulo ambiental y estímulo atendido

La estimulación ambiental está formada por todos los aspectos del entorno que potencialmente se pueden percibir. Pensemos, por ejemplo, en todos los estímulos potenciales a los que tenemos acceso por nuestros sentidos en una escena determinada. Supongamos, por ejemplo, un turista que visita por primera vez a la Alhambra. Cuando entra al Patio de los Leones (Figura 227), ve el suelo pétreo de acceso, los conjuntos de columnas delgadas con sus arcadas ornamentadas correspondientes, el patio iluminado por la luz directa del Sol, la fuente con las figuras de los leones, los sonidos del agua y de otros turistas, los olores de la vegetación, etc. Todos estos son estímulos ambientales.

ESTÍMULOS VISUALES EN EL PATIO DE LOS LEONES DE LA ALHAMBRA



Figura 227

La cantidad de estímulos presentes en este espacio arquitectónico es tan impresionante, que el turista es incapaz de percibir todo lo que hay en la escena, por lo que concentra su atención en aquello que le resulta especialmente interesante, en este caso, la fuente situada en el punto central del patio (Figura 228). En este caso estos son los estímulos atendidos.

ESTIMULO ATENDIDO EN LA IMAGEN VISUAL



Figura 228

El estímulo de los receptores

Cuando nuestro turista presta atención a la fuente, la mira directamente y se forma una imagen invertida de la fuente sobre los receptores de su retina (Figura 229a). Como ya hemos visto en (5.4.1.1↔5.1.3.3).

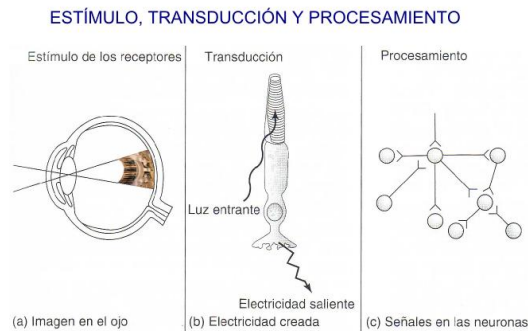


Figura 229

En este momento hay que señalar dos cosas: Primero, no percibimos la imagen retiniana; ésta es solo una fase inicial en el proceso perceptivo; y segundo, la desinversión de la imagen es una transformación pequeña, que si la comparamos con lo que ocurre a continuación, no merece la pena preocuparse por ella. Lo que ocurre a continuación es la transducción. El patrón de luz que incide en la retina se transforma en señales eléctricas en los receptores.

Transducción

La transducción es la transformación de una forma de energía en otra. Un ejemplo de transducción es la serie de acontecimientos que se suceden cuando pulsamos el interruptor de la luz de nuestra habitación. La presión que ejerce el dedo activa la circulación de corriente eléctrica que, a su vez, se transforma en la bombilla en energía lumínica y calorífica (radiante) que ilumina la habitación. En el sistema nervioso, la transducción ocurre cuando la energía ambiental se convierte en energía eléctrica. En nuestro ejemplo (Figura 229b), el patrón de luz reflejado por la Fuente de los Leones que llega a la retina de nuestro turista se transforma en señales eléctricas en decenas o cientos de miles de sus receptores visuales.

Procesamiento neuronal

Una vez que la imagen de la Fuente de los Leones se ha transformado en señales eléctricas en los receptores del turista, estas señales generan señales nuevas en unas células llamadas neuronas. Estas neuronas crean una serie de vías interconectadas y mucho más complejas de lo que podría ser el mapa de carreteras de cualquier país grande si lo

redujéramos al tamaño de esta página. Las señales eléctricas se transmiten por dichas vías, primero del ojo al cerebro con algunos saltos en el camino y, a continuación, dentro del propio cerebro. Durante su recorrido por esta red de neuronas, las señales eléctricas se ven sometidas a lo que denominamos procesamiento neuronal (Figura 229c).

El procesamiento neuronal es el conjunto de operaciones por el cual se transforman las señales eléctricas de las neuronas. Si nos vamos a la metáfora del mapa de carreteras e imaginamos que contemplamos desde lo alto el tráfico existente en una red de concurridas calles urbanas en hora punta. Entonces, veríamos que en algunas zonas, varias calles que confluyen en una sola, estarían ocasionando un cuello de botella, donde los coches parecerían estar retenidos. Por otro lado, en otra calle el tráfico avanzaría y se detendría en los semáforos de cada intersección; en una tercera calle, con una vía libre de acceso restringido, presentaría un tráfico fluido. Como puede observarse, la disposición de las calles y el número de señalizaciones influye en el movimiento de los automóviles por la ciudad.

El sistema nervioso se produce una situación similar. La distribución de las vías del sistema y la naturaleza de las conexiones entre estas vías puede afectar al flujo de las señales eléctricas. Esto es muy importante, puesto que este *flujo de señales* es precisamente el que da lugar a la siguiente etapa del proceso; la percepción.

Percepción

La percepción es la experiencia sensorial consciente. Se produce cuando las señales eléctricas que representan la fuente se transforman en el cerebro de nuestro turista para dar lugar a su experiencia de haber visto la Fuente de los Leones (Figura 230a).

En el pasado, algunos estudios del proceso de percepción se detenían en esta etapa. Después de todo, si el turista ve la fuente, ¿acaso no lo ha percibido? La respuesta es sí, lo ha percibido, pero también han sucedido otras muchas cosas: probablemente ha reconocido la forma como la de unas “figuras escultóricas con forma felina” y, más específicamente, como la de “la fuente de los leones”. Además, ha actuado basándose en esta percepción, como cuando ha girado la cabeza para obtener una mejor visión de la fuente. Estos dos pasos adicionales, a saber, reconocimiento y acción, son un componente muy importante del proceso perceptivo.



Figura 230

Reconocimiento

El reconocimiento es nuestra capacidad para incluir los objetos en categorías concretas que les confieren un significado, como son la de “fuente”, la de “figura escultórica” y la de “leones”. (Figura 230b). Aunque nos sintamos tentados a considerar que percepción y reconocimiento son la misma cosa, los investigadores han demostrado que se trata de procesos independientes. Es decir, al observar un objeto nuevo este nos aporta una percepción, independientemente de

que no sea reconocido, ya que es la primera vez que se ve.

Acción

La acción incluye actividades motrices, tales como mover la cabeza o los ojos o desplazarse por el entorno. En nuestro ejemplo, el turista se acerca con su cámara para ver mejor la cara de un león y hacerle una foto (Figura 230c). Algunos investigadores consideran que la acción es un resultado importante de la percepción por su importancia para la supervivencia²⁰¹. “David Milner y Melvin Goodale (1995) afirman que en una etapa temprana de la evolución de los animales el principal objetivo del proceso visual no era crear una percepción consciente o una “imagen” del entorno, sino más bien ayudar al animal a controlar la marcha, capturar a sus presas, salvar obstáculos y detectar a los depredadores, todas ellas funciones esenciales para la supervivencia”

El hecho de que frecuentemente la percepción lleve a la acción, como cuando un animal aumenta su atención al oír el crujido de una rama en el bosque o, en caso el turista se desplaza para ver mejor un león, significa que la percepción es un proceso en continuo cambio. Este se produce debido a los movimientos del observador y, también, a que la atención cambia su centro de un punto a otro, algo que se ejemplificó con la descripción inicial de este punto, cuando comentamos cómo el turista se concentraba su atención de la fuente de los leones. Por supuesto, la escena que contempla nuestro turista se modifica constantemente, por lo que el propio patio se convierte en un buen ejemplo de estímulo ambiental en continuo cambio.

Si tenemos en cuenta los cambios que se producen cuando en el rango temporal entenderemos la causa por la que los pasos del proceso perceptivo descrito en la figura 226 se representan en ciclo. Aunque dicho proceso pueda describirse como una serie de fases que empiezan con la estimulación ambiental, el proceso global es dinámico y no tiene por qué tener un comienzo y un final.

Conocimiento

Logros tales como la capacidad de nuestro turista para reconocer la Fuente de los Leones, como tal, no serían posibles sin su conocimiento anterior de este monumento, ya fuera por una experiencia pasada en el mismo lugar o por fotos o videos. Si no se hubiera almacenado previamente en su memoria visual, no la hubiera reconocido como tal. Para reconocer la fuente, tiene que comparar el objeto que ve con el concepto de la imagen que guarda en su memoria y de igual forma relacionarla con el nombre que se le ha asignado al monumento. La información que una persona introduce en una situación concreta, desempeña un papel muy importante a la hora de determinar el reconocimiento y la percepción.

Esta información recibe el nombre de “conocimiento” (Figura 226). Así pues, utilizaremos el término *conocimiento* en un sentido bastante amplio para referirnos a cualquier dato que el perceptor incorpore a la situación. Esta información puede estar constituida por cosas que se aprendieron hace años, como son los nombres de los diferentes objetos, o por el conocimiento que se haya obtenido en acontecimientos recientes. El conocimiento se encuentra almacenado en nuestra memoria, de ahí que en su estudio sea imprescindible en la investigación del proceso de la percepción.

Por otro lado, también influyen en la percepción el pensamiento, la reflexión y evaluación de lo percibido, ya que esta información se guarda también en forma de conocimiento. De igual modo la respuesta afectiva es de gran interés, ya que las emociones aparecen debido a ciertos hechos percibidos con características muy concretas.

²⁰¹ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

Procesamiento up-down (arriba-abajo) y down-up (abajo-arriba)

La inclusión del *conocimiento* en el proceso perceptivo nos permite hacer una distinción entre dos tipos de procesamiento perceptivo. Así, por un lado, el procesamiento que comienza con la información recibida de los receptores recibe el nombre de procesamiento abajo-arriba, que consiste en hacer un seguimiento del proceso perceptivo desde el estímulo de los receptores hasta la transducción y el procesamiento neuronal.

Sin embargo, la presencia de conocimiento en el proceso perceptivo implica que el cerebro no es un ordenador vacío a la espera de recibir y procesar información. Al contrario, está lleno de conocimiento, el cual no sólo incluye los hechos que conocemos, sino también nuestros recuerdos y las expectativas que tenemos para una situación concreta. El procesamiento que comienza teniendo en cuenta el efecto que tienen sobre la percepción los conocimientos que una persona incorpora a dicha situación recibe el nombre de procesamiento arriba-abajo. La percepción implica a menudo trabajar con ambos tipos de procesamiento a la vez.

El procesamiento es esencial para la percepción, puesto que la percepción suele comenzar con la estimulación de los receptores. Así cuando un farmacéutico es capaz de leer la receta que nos ha prescrito el médico, y que para nosotros es un garabato ilegible, inicia un procesamiento abajo-arriba, que se basa en el patrón que crea en su retina la receta del médico, pero también utiliza un procesamiento arriba-abajo, puesto que hace uso de su conocimiento de los nombres de fármacos y, quizá, de su experiencia pasada con la caligrafía de este médico concreto, para “descifrar” la receta.

La simultaneidad del proceso perceptivo y la interacción de sentidos

La multidimensionalidad del proceso perceptivo no implica un tiempo de procesamiento secuencial. Los diferentes factores que influyen en la percepción actúan de forma simultánea, tal y como lo comenta D.A. Dondis²⁰²;

“...vemos periféricamente un campo enorme, vemos mediante un movimiento de arriba a abajo y de izquierda a derecha. Imponemos a lo que aislamos en nuestro campo de visión, no solamente ejes implícitos para ajustar el equilibrio, sino también un mapa estructural para representar y medir la acción de esas fuerzas compositivas que son tan vitales para el contenido y, por tanto, para el input y el output del mensaje. Todo esto ocurre al tiempo que descodificamos muchas clases de símbolos.

Se trata de un proceso multidimensional cuya característica más notable es su simultaneidad...”

Cuando nuestro turista visita el Patio de los Leones no se ve solamente afectado por el sentido de la vista, se ve afectado por el clima; la temperatura, la presión y humedad del ambiente. Se ve afectado por el tacto de los elementos arquitectónicos que toca con su propia mano, incluso por la textura del suelo; la piedra lisa y la grava, por su equilibrio sobre los diferentes niveles, por el sonido de los pájaros, de otros turista y el sonido lejano de la ciudad de Granada, por el olor de los arrayanes y por el sabor del refresco de té que lleva encima y del cual bebe de vez en cuando. Y todas estas sensaciones se van agrupando e interaccionan creando así una percepción singular de la visita al Patio de los Leones (Figura 231).

²⁰² DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

SIMULTANEIDAD E INTERACCIÓN DE SENTIDOS EN EL PATIO DE LOS LEONES



Figura 231

La atención en la Alhambra

Supongamos que nuestro turista ve por primera vez la Fuente de los Leones, no tiene ninguna referencia previa de su existencia, para él es un objeto nuevo al que prestar atención; observa su estructura y sus cualidades, explora el contorno, tamaño y proporciones, selecciona los elementos que más le interesan como las cabezas de los leones, analiza interpreta y sintetiza la fuente como objeto nuevo dándole un valor personal “los leones no se parecen mucho a los de verdad” y continua con su visita descubriendo otros elementos nuevos de la Alhambra.

Sin dejar nuestro turista, podemos entender cómo se desarrolla el proceso de atención cuando un ambiente se presenta ordenado y homogéneo. E. H. Gombrich²⁰³ nos habla de la redundancia, de las continuidades y de la atención a la perturbación en los detalles de la Alhambra

la Alhambra, advertimos las delicias que nos esperan cada vez que nuestro ojo desee detenerse, pero no nos dedicamos a seguir y a desentrañar cada voluta. Por esta razón, el problema de la visión indiferenciada o desenfocada ha gravitado con tanta intensidad en este aspecto de la impresión general creada por los diseños intrincados. Esperar que leamos cada motivo en la Alhambra tal como leemos un libro no sólo es absurdo, sino que además es contrario al espíritu de la decoración, el cual nos ofrece un festín para los ojos sin exigir que catemos el contenido de cada plato.

Al entrar en uno de los vestíbulos o patios de la Alhambra reaccionamos, al principio, como reaccionaríamos en cualquier otro entorno: tratamos de orientarnos. Esta orientación exige tiempo, pero sólo muy breve tiempo porque es mucho lo que nos sentimos autorizados para considerarlo como “leído”. No hemos de enfocar cada columna o ventana, ya que de forma muy rápida y casi subliminal captamos las continuidades y las redundancias de los elementos principales, así como su orden y su posición. Es aquí donde volvemos de pleno al problema de nuestro radio visual y de la visión periférica. Nuestra confianza en la distribución ordenada del interior nos permite hacer uso de una inspección periférica provisional allí donde no haya pruebas de lo contrario a la vista. Y al percibir los ulteriores órdenes de enriquecimiento decorativo, podemos continuar del mismo modo, reduciendo el radio visual mientras todavía confiamos en las continuidades vagamente percibidas en su periferia. Hemos visto que el progreso de la inspección corresponde generalmente al principio de jerarquías graduales, a medida

²⁰³ GOMBRICH, E.H. 2004. *El sentido del orden*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate)

que advertimos los ulteriores niveles de encuadre, relleno y vinculación hasta llegar al adorno o voluta final. Cuando nos encontramos en la Alhambra, sabemos que no podemos seleccionar todas esas variaciones infinitas pero, por otra parte, tampoco estamos obligados a hacerlo. No hacen intrusión, pero devuelven la atención si nos sentimos inclinados a prestársela...”

Supongamos esta vez, que quien entra en el Patio de los Leones no es nuestro turista sino un empleado de mantenimiento. Cuando entra en el patio se preocupa de no tropezar con nadie, ni molestar a los turistas, pero no se fija en los detalles del patio de los leones, es un espacio cotidiano que ha experimentado muchas veces y percibe que algo diferente igual y se dirige la fuente para comprobar su impresión y detecta que de un caño no cae agua, por lo que se predispone para arreglarlo (Figura 232) .En definitiva, aunque el espacio sea muy singular, a nuestro hombre lo que le interesa es cumplir correctamente su función. Por lo tanto, su atención se centra en aquellos signos visuales que sean indispensable para poder satisfacer sus intereses y necesidades laborales. En este caso, para él la perturbación del medio ha sido la avería. No obstante, a nuestro hombre la calidad ambiental le afecta y en este caso le afecta positivamente tanto desde el punto de vista psicológico como emocional.

TRABAJANDO EN LA ALHAMBRA



Figura 232

La percepción en instantes temporales no secuenciados

Supongamos que nuestro turista no es la primera vez que ve el Patio de los Leones, sino que estuvo allí en su viaje de novios. El turista tiene en la mesa de su despacho una foto con su mujer justo en la Fuente de los Leones, en un día precioso de aquel viaje y nuestro turista tiene esa foto sobre la mesa de su despacho.

LA PERCEPCIÓN Y EL RECUERDO ALMACENADO



Figura 233

En el instante en el que nuestro turista entra con su mujer agarrados de la mano al patio de los leones lo experimenta afectiva y emocionalmente de forma muy intensa y personal (Figura 233). La relación con objetos y espacios concretos puede hacer que creamos vínculos emocionales con ellos. Si investigamos cómo se desarrolla la interacción hombre-

objeto podemos provocar la creación de vínculos emotivos positivos hacia ellos.

5.4.1.2. La subjetividad y la percepción colectiva : Los símbolos

La percepción es subjetiva. Cada persona percibe el mundo que le rodea de forma diferente, la base es que existen factores que deforman la realidad propia que cada uno que percibimos:

–**Factores fisiológicos**, como las limitaciones de audición, procesamiento o rango de visión. Nuestros órganos sensoriales se adaptan al medio físico. Nuestros cuerpos son diferentes y tienen capacidades diferentes para captar los estímulos externos.

–**Factores personales**, son las deformaciones particulares que cada persona agrega a lo que se encuentra en su entorno.

Podemos estar en un mismo sitio y prestar atención a fenómenos diferentes. No miramos todos a los mismos sitios y a la misma vez. Cada vez que experimentamos algo, no lo hacemos exactamente igual que los demás, obtenemos perspectivas diferentes y estos fenómenos subjetivos se van acumulando. Cada vez que percibimos algo, echamos mano de nuestra memoria que está llena de recuerdos subjetivos que actúan sobre la nueva percepción. Esto, acumulado a lo largo de nuestra vida es lo que nos hace ver las cosas a nuestra forma particular. Por otro lado, el carácter propio y la personalidad innata de cada persona hacen que tienda a actuar de forma diferente ante unos hechos que frente a otras personas.

Por lo tanto, *el carácter y la personalidad* de cada uno nos vemos influidos por la carga genética que traemos al nacer. La *experiencia pasada*. Todos tenemos un pasado diferente, nuestras experiencias en el mundo son totalmente personales, aunque compartamos nuestro mundo con más personas, las mismas situaciones y hechos son asimilados de forma diferente por cada uno.

Las *instrucciones previas* pueden influir en el estado perceptivo. *La motivación y la atención* tienen una influencia directa sobre el estado perceptivo como ya hemos visto. Las *expectativas* nos ayudan a encontrar mucho más rápidamente un estímulo. De igual forma, *la emoción y el estado afectivo* en el momento en el que ocurre la acción puede hacer que la percepción sea totalmente diferente.

–**Factores sociales, culturales y de aprendizaje**, como los hábitos sociales, los ritos, el lenguaje, las costumbres o lo que nos han enseñado.

Vemos lo que conocemos, si vemos una cruz la podemos asociar con la religión, pero un indio nativo que no ha salido de su tribu y no conoce nuestro mundo, posiblemente al ver la cruz vea algo totalmente diferente, un símbolo sin significado o con un significado totalmente diferente al nuestro.

Un ejemplo sobre la subjetividad de la percepción de un objeto lo comenta Steen Eiler Rasmussen²⁰⁴; “...pero lo que ven esos espectadores, lo que recrean cuando observan el mismo objeto, puede variar enormemente. No hay una idea objetivamente correcta de la apariencia de una cosa, sino un número infinito de impresiones subjetivas de ella...”

Y como ejemplo de percepción ambiental expone Kevin Lynch²⁰⁵;

²⁰⁴ RASMUSSE, Steen Eiler. 2007. *La experiencia de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Reverté)

²⁰⁵ LYNCH, Kevin. 1998. *La imagen de la ciudad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

“...las imágenes ambientales son el resultado de un proceso bilateral entre el observador y su medio ambiente. El medio ambiente sugiere distinciones y relaciones, y el observador – con gran adaptabilidad y a la luz de sus propios objetivos- escoge, organiza y dota de significado lo que ve. La imagen desarrollada en esta forma limita y acentúa ahora lo que se ve, en tanto que la imagen en sí misma es contrastada con la percepción filtrada, mediante un constante proceso de interacción. De este modo, la imagen de una realidad determinada puede variar en forma considerable entre diversos observadores...”

Por lo tanto, como cada persona tiene una edad, un conocimiento, unas vivencias y unos recuerdos diferentes, las percepciones de un mismo acontecimiento pueden variar enormemente de una persona a otra, por lo que para un estudio general, no nos interesa estudiar individualmente estos procesos. Sin embargo, dentro de una misma cultura, sociedad o grupo podemos encontrar ciertos modos de vivir y experimentar acciones de forma similar. Cuando dentro de una cultura están establecidos una serie de gustos es debido a que existe una percepción colectiva, o sea un grupo de personas comparten sus percepciones sobre ciertos hechos concretos. El hecho de que podamos comunicarnos se debe a que existe una percepción colectiva sobre muchos aspectos. No obstante, muchas discusiones, parten de tener percepciones diferentes.

Cuando ciertos espacios u objetos son experimentados de forma análoga o colectiva por un grupo de personas con un significado concreto, generalmente quedan absorbidos en este colectivo conformándose como símbolos. Es decir son más que meros objetos materiales y funcionales, ya sean naturales o artificiales representando un valor común para el grupo o sociedad que lo habita. Una fruta puede representar más de lo que muestra su simple imagen (Figura 234).

LA GRANADA COMO SÍMBOLO DE UNA CIUDAD



Figura 234

Un ejemplo, de cómo una percepción cultural puede ser diferente de un grupo a otro queda perfectamente expresado en el manifiesto; *El elogio de la sombra*²⁰⁶ de Junichiro Tanizaki que trata sobre los valores estéticos en la cultura japonesa. En esta obra se argumenta que en Occidente la belleza siempre ha estado ligada a la luz, a lo brillante y a lo claro, y que lo oscuro, lo opaco y lo negro siempre han tenido significaciones negativas. Sin embargo, en Japón la sombra es considerada como una cualidad positiva y se asocia a cualidades bellas de ciertos espacios.

En este libro, el autor analiza la relación entre la sombra, lo tenue, el contraluz, en la cerámica japonesa, los tokonomas, la construcción de las viviendas, etc. Siendo de interés, el concepto de semipenumbra enaltecimiento de diseños japoneses.

²⁰⁶ TANIZAKI, Junichiro. 2015. *El elogio de la sombra*. (España: Biblioteca de ensayo. SIRUELA)

5.4.1.3. La plasticidad de la percepción

Nuestros sistemas perceptivos son plásticos. Es decir, cambian y se moldean en función de la estimulación que reciben con el paso del tiempo. Esto significa que el funcionamiento de nuestros sistemas perceptivos depende del entorno, lo que les dota de mayor funcionalidad en él.

La plasticidad indica que la estructura y el funcionamiento del sistema visual y, por ende, de cualquier otro sistema sensorial, puede formarse a partir de la experiencia perceptiva de la persona.

Según Goldstein²⁰⁷, Hebb propuso que las experiencias repetidas, como las que se producen durante el proceso de aprendizaje, provocan la activación de los mismos grupos de neuronas, y que esta activación repetida refuerza las conexiones sinápticas entre estas neuronas. El aprendizaje crea grupos de neuronas denominados asambleas celulares, que tienen más posibilidades de activarse cuando se observa un estímulo aprendido o se recupera un recuerdo.

Los experimentos de crianza selectiva realizados con gatos que crecen en entornos que constan de una única orientación apoyan el concepto de plasticidad perceptual, puesto que en el córtex de estos gatos dominan las neuronas sintonizadas a la orientación a la que se han visto expuestos los animales. También hay pruebas de que se producen efectos similares en el cerebro de las personas que han padecido un trastorno denominado astigmatismo, que hace que algunas orientaciones se vean borrosas. La evolución adapta la percepción de diferentes animales a su entorno. Las pruebas de esta adaptación se encuentran en los pigmentos visuales, las características de las áreas de la retina en las que la vista es más aguda, como la fovea y el área central, y la disposición de los ojos.

Por lo tanto, con el paso del tiempo una misma persona puede tener dos percepciones muy diversas ante un mismo conjunto de estímulos.

5.4.2. LA ATENCIÓN Y EL RECONOCIMIENTO

5.4.2.1. La atención visual

Lo más normal es que intervengamos de forma activa en la percepción y busquemos o seleccionemos los estímulos que nos parezcan más atractivos o importantes. El proceso de selección de estímulos para concentrarnos en ellos recibe el nombre de atención.

La atención es algo muy importante, no sólo porque orienta nuestros receptores hacia los estímulos que deseamos percibir, sino también porque influye en el modo en el que se procesa la información una vez que se estimulan los receptores. La atención puede mejorar la percepción de los estímulos en los que nos estamos concentrando, así como disminuir la consciencia de aquellos que hemos ignorado.

Un comentario aclaratorio sobre la atención lo hace Steen Eiler Rasmussen²⁰⁸ “...la retina es como una pantalla de cine en la que aparece un sinfín de imágenes cambiantes, pero la mente que hay detrás del ojo sólo es consciente de un pequeño número de ellas. Por otro lado, sólo necesitamos una ojeada rápida para pensar que hemos visto algo; un pequeño detalle es suficiente...”

²⁰⁷ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

²⁰⁸ RASMUSSEN, Steen Elier. 2007. *La experiencia de la arquitectura*. (Barcelona. Editorial Reverté)

Factores que influyen en la atención

En la atención intervienen factores de carácter general y de tipo personal.

Factores de carácter general son aquellos factores que dependen de los estímulos percibidos y de sus interacciones por ejemplo: La intensidad del estímulo, donde a mayor intensidad del estímulo, mayor capacidad de atención. Las modalidades de la estimulación, por ejemplo estímulos en movimiento atraen más la atención que estímulos estáticos. La situación espacial de los estímulos y su proximidad. El cese de un estímulo continuado o intermitente pero de ritmo regular. El estímulo imprevisto e inesperado, o por ejemplo, el contraste o la oposición de estímulos.

Factores de tipo personal son aquellos que facilitan o inhiben la atención en función del estado de ánimo.

Cuando algo nos interesa afectivamente, la atención se despierta y moviliza. El hecho de despertar interés depende fundamentalmente de las cualidades del objeto y de las tendencias y los intereses de la persona. Algunos autores conceden al factor afectivo un papel fundamental en la génesis del proceso atencivo; las personas prestan su atención a lo que les interesa. Centran en el interés la causa del proceso de atención.

Por lo tanto, las actitudes personales son cruciales en nuestra atención y por tanto en la percepción. Christian Norberg-Schulz²⁰⁹ comenta;

“...esto quiere decir que tenemos diferentes “actitudes” y orientaciones hacia las “mismas” cosas. Todos hemos experimentado cómo una misma cosa puede cambiar según nuestra propia actitud, si estamos en un mal momento, incluso cosas conocidas y queridas pueden parecernos repulsivas, los psicólogos han estudiado este aspecto de la percepción y han encontrado que la actitud juega un papel mucho más importante de lo que creíamos.

La percepción, por lo tanto, es todo menos una recepción pasiva de impresiones. Podemos cambiar el fenómeno si cambiamos nuestra actitud. Brunswick usaba la palabra “intención” en vez de actitud para subrayar el carácter activo del acto perceptivo...”

Tipos de atención

Se suele distinguir entre *atención sostenida* *vigilancia*, aquella que se necesita para realizar con éxito una tarea continua a lo largo de un periodo extenso de tiempo, y *atención selectiva* como aquella que atiende selectivamente a un estímulo o a un grupo de estímulos con preferencia sobre cualquier otro tipo estimulación simultánea.

Un fenómeno interesante de la atención es el conocido como *defensa perceptiva*. Esta es una forma de atención por la cual los estímulos favorables o son identificados y atendidos más rápidamente que los desfavorables. Por lo tanto, los sujetos atienden especialmente a estímulos significación motivadora o agradable, antes que los estímulos desagradables.

La atención en la percepción práctica y la percepción estética

²⁰⁹ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Percepción práctica atiende solo a necesidades. Según nos desenvolvemos en nuestro ambiente habitual se selecciona sólo la información que puede ser útil, lo necesario para nuestra existencia.

Percepción estética atiende a la formalización de las cosas. Nuestra relación directa con las cosas hace que no solo nos interesen para que sirven, sino que además nos interese su apariencia. Evidentemente, nos interesa estar en contacto con cosas que nos parezcan agradables y evitar las desagradables.

La atención en función del objeto con el que se interactúa

Nuestra percepción cambia cuando nos encontramos ante un objeto cotidiano, un objeto que debemos usar o un objeto nuevo.

Los objetos nuevos crean una perturbación en nuestro esquema cognoscitivo, llamándonos la atención, así nos fijamos detenidamente en ellos tanto formalmente como funcionalmente. Lo primero que hacemos es intentar categorizarlos e introducirlo en el grupo de objetos que pensamos a los que pertenece, posteriormente en función de nuestros conocimientos anteriores damos una respuesta valorativa. Por ejemplo cuando llegamos al trabajo de vacaciones y detectamos un edificio nuevo nos fijamos, vemos si nos gusta o no y posiblemente no volvamos a fijarnos en él, a no ser que se cree una nueva interacción con nosotros.

Kevin Lynch nos hace referencia al concepto de objeto nuevo²¹⁰ “...asimismo, un objeto nuevo puede parecer que tiene una firme estructura o identidad debido a rasgos físicos notables que sugieren o imponen su propia pauta. ...por primera vez puede ser identificado y relacionado no porque sea familiar sino porque se ajusta a un cliché ya construido por el observador...”

Por otro lado, sobre un objeto cotidiano de uso habitual, nos solemos fijar en las partes formales relacionados con su utilización. Por ejemplo el edificio en el que trabajamos nos fijamos si la puerta está abierta, si la luz está encendida, si esta ordenado y limpio, pero si no hay cambios, como la inserción de un objeto nuevo, no solemos atender a cuestiones formales persistentes, aunque estas nos sigan afectando de forma sensorial y psicológica, y lo normal es que no seamos totalmente conscientes de ello.

Por último, un objeto cotidiano con el que no interaccionamos habitualmente con él, no nos crea ninguna perturbación y por lo tanto no nos solemos fijar en él. Por ejemplo el edificio de al lado donde trabajamos, si no han cambiado sustancialmente respecto nuestra imagen-recuerdo no nos llama la atención y no nos fijamos. De hecho, pueden que cambien en cierta medida su apariencia y que tampoco lo advirtamos, debido a una percepción práctica o una atención a otros estímulos del entorno.

La atención y la segregación figura-fondo

Cuando prestamos nuestra atención sobre una o varias figuras de una imagen visual, en el proceso de observación solemos enfocar estas para obtener datos visuales con más precisión y con más nitidez, de la misma forma que tenemos información relevante de lo enfocado, se pierde información de lo que no queda enfocado. Por lo que sobre la periferia de las figuras se va perdiendo sensibilidad visual y esta pérdida de información visual crece según nos vamos retirando en nuestro campo visual de la zona enfocada. El espacio desenfocado que rodea a la figura atendida, se denomina fondo.

²¹⁰ LYNCH, Kevin. 1998. *La imagen de la ciudad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Por lo tanto, sobre una imagen, mediante nuestra atención y selección visual podemos atender a una figura quedando como fondo el resto de la imagen. Sin embargo, otra persona al mirar la misma imagen puede atender y enfocar otra figura distinta, articulándose de esta forma la imagen visual y la información que se extrae de ella de forma diferente.

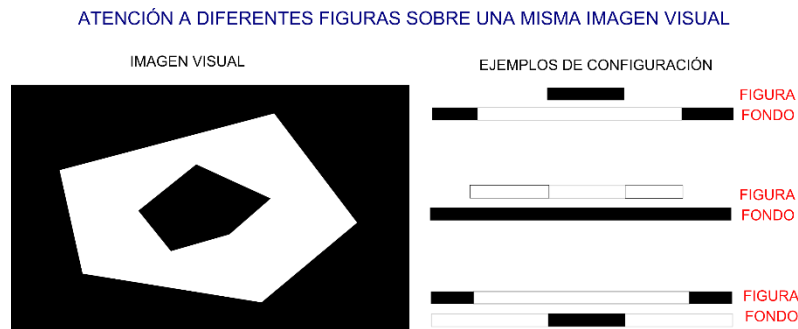


Figura 235

De la misma forma que Rudolf Arnheim²¹¹ en su libro arte y percepción visual al hablar de los niveles de profundidad nos muestra las diversas posibilidades perceptivas de profundidad que se pueden obtener de una sola imagen, en función de nuestra atención podemos establecer diferentes figuras y fondos, entendiendo que la figura es la forma que queda delante y el fondo el resto, que queda detrás (Figura 235).

EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN DE VARIAS ESTRUCTURAS FIGURA-FONDO EN UNA MISMA IMAGEN

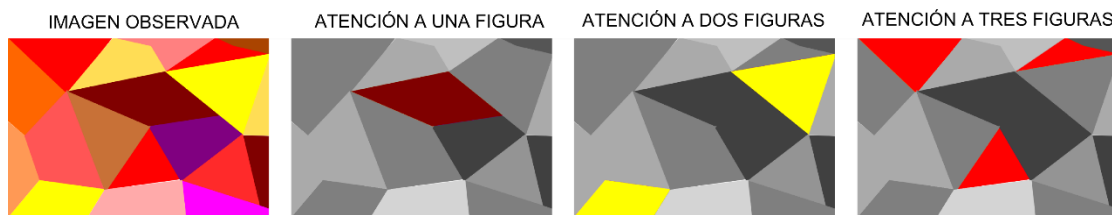


Figura 236

Por otro lado, al recorrer y explorar una imagen podemos establecer nuestra atención sobre dos figuras aunque estas estén separadas visualmente (Figura 236). Evidentemente la atención y enfoque sobre cada una se realizará en tiempos diferentes de observación secuenciados, para posteriormente quedar enlazadas en una unidad visual. Mientras que el resto de la imagen queda estructurado como fondo. Este proceso, puede ir ampliando figuras mientras que la agrupación visual lo permita hasta completar la imagen. Cuando una figura ocupa toda la imagen entonces establecemos que no tiene fondo.

5.4.2.2. La atención y la acción sensorial no consciente

Lo normal, es que en nuestra vida cotidiana tengamos una serie de imágenes visuales con un nivel alto de complejidad y que solo nos fijemos y pongamos nuestra atención en aquello que nos interesa. No es habitual fijarnos en todo, y como hemos visto en el proceso perceptivo, lo normal es que solo nos fijemos en la novedad, en aquello nos llama la atención o en lo que nos interesa. Dentro de la complejidad que pueda estar implícita en cualquier paisaje, reconocemos, descartamos y seleccionamos objetos pertenecientes a este, en función de nuestras necesidades.

²¹¹ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma). Pág 245.

El hecho que no solamos atender de forma general a nuestros paisajes cotidianos no quiere decir que estos no actúen sensorialmente sobre nosotros y que nos estén constantemente afectando de forma psicológica. La permanente presencia e interacción, por ejemplo con un paisaje urbano hace que el habitante se vuelva constantemente afectado de las acciones sensoriales que este transmite (Figura 237).

ACCIONES VISUALES EN DOS ESCENARIOS DIFERENTES



Figura 237

En la mayoría de las ocasiones, estas acciones permanentes actúan y nos afectan sin que les prestemos atención, por lo que muchas veces no somos conscientes debido a que nos hemos acostumbrado a ellas. Es como si estamos acostumbrados a vivir en un entorno muy ruidoso, con el paso del tiempo acabamos por apartarlo de nuestra percepción y no tenemos conciencia de no haberlo escuchado, y sin embargo este ruido sigue afectándonos. Evidentemente, no será lo mismo, si el ruido es de una maquina repetitiva o es música clásica. Esta situación afectará a nuestro estado emocional aunque no seamos consciente de ello y en nuestro mundo visual pasa lo mismo, no es lo mismo estar rodeado de una escena visual que de otra, las dos afectaran de forma diferente a nuestros estados emocionales aunque no seamos conscientes de su acción.

5.4.2.3. La exploración, el reconocimiento y la interpretación de la información visual

Existen diferentes formas de observar o ver las cosas, por ejemplo; ver como cuando observamos un cuadro, una foto o un paisaje, ver como cuando buscamos algo, ver como cuando andamos por un entorno en dirección hacia algún sitio, ver como cuando vemos un partido, ver como cuando realizamos alguna acción, como conducir, cocinar o leer, ver como cuando imaginamos o pensamos, ver como cuando soñamos. Como vemos en función de nuestras intenciones, la forma en la que exploramos las escenas puede ser totalmente diferente.

Estos comentarios sobre *ver*, hacen referencia al acto sensorial, porque si incluimos el concepto ver, con la interpretación entonces la variabilidad se dispara. Por lo tanto, aunque veamos todo, siempre hay algo que no vemos. Atendiendo el primer *ver* a la captación sensorial visual, y el segundo *ver* a la interpretación de lo visto²¹².

Al desenvolvemos por nuestros escenarios cotidianos, vamos recorriendo los diferentes elementos y figuras que aparecen en nuestra imagen visual detectando rasgos y reconociendo los objetos. Al interpretar dichos rasgos estos se convierten en signos visuales, ya que son los elementos portadores de la información visual.

Procesos de exploración, selección, análisis y síntesis visual.

En nuestras operaciones visuales, los procesos de ver, mirar y entender una imagen pueden ser diversos:

²¹² BERGER, John. 2007. *Modos de ver*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

La observación. Es más que un primer nivel de percepción, se trata de mirar las formas con atención y estudiar su estructura y cualidades. Por lo tanto, es ir estudiando con detalle los diferentes rasgos y cualidades de cada elemento que aparece en la imagen que se está mirando. Esto permite que la imagen o esquema mental de lo observado quede bien definida en nuestra mente.

La exploración. Es el recorrido por la imagen en varias direcciones. En este momento apreciamos el contorno, el tamaño, las proporciones, etc. De tal forma, que en este recorrido visual se van detectando los diferentes rasgos en relación con el resto de elementos visuales.

La selección. Es la parada visual en los aspectos que más interés tienen para el observador. En este punto se presta más atención y se extraen más detalles visuales.

El análisis. Es el estudio de cada elemento por separado, donde se establecen sus propiedades y se determinan sus relaciones con el resto de elementos que constituyen el conjunto, con el fin de entender la imagen de forma global.

La Síntesis. Es la información visual que en definitiva va a perdurar en el cerebro, por lo tanto es un proceso subjetivo e intelectual, ya que se trata de un resumen de la imagen.

5.4.2.4. Reconocimiento de patrones

Al contrastar la información visual vamos detectando y descartando cualidades visuales que nos informan de nuestro entorno. Un grupo de cualidades o rasgos concretos en nuestro conocimiento visual, lo podemos determinar como un patrón. Este patrón nos servirá de referencia respecto de la información visual obtenida. Cuando se identifica un patrón mental con un grupo de cualidades visuales en la imagen entonces se produce el reconocimiento. El grupo de cualidades visuales, que definen un rasgo puede ser básico o compuesto, por ejemplo un rasgo puede ser un color, o puede ser un grupo de delimitaciones concretas, con unos colores específicos.

El hecho de que cierta gente comente que; *Sylvester Stallone tiene la boca como un zapato*, no es por nada, sino porque han descubierto en su boca, patrones que les referencian a signos formales que tienen archivados de ciertos zapatos. Por lo tanto, podemos encontrar imágenes donde esta similitud de patrones se hace evidente (Figura 238), y al analizar la composición de esos rasgos observamos los elementos comunes que poseen. En este caso, la posición, ya que se sitúan en la parte baja de las figuras, ya sea cabeza o zapato, los dos comparten delimitaciones similares, y sobre todo tienen misma direccionalidad expresiva.

RASGOS DISTINTIVOS EN EL RECONOCIMIENTO



Figura 238

Por lo tanto, aclarar los procesos de cómo se produce la identificación y el reconocimiento es la base del problema del reconocimiento de los patrones. Estos procesos se conocen como fenómeno de equivalencia de estímulos y reconocimiento de patrones. El reconocimiento de patrones es un procesamiento de información que consiste en codificar el estímulo de alguna manera y compararlo con un patrón ya existente en la memoria. Por lo tanto, el problema se centra en establecer en determinar cómo se crea un patrón en nuestra mente y como se codifican los estímulos recibidos para compáralos. Hoy en día, estas investigaciones se desarrollan con modelos de reconocimiento estudiados en la inteligencia artificial. La inteligencia artificial utiliza diferentes softwares que tratan de reconocer patrones visuales. En la actualidad se señalan fundamentalmente tres modelos²¹³: el modelo de *comparación de patrones*, el modelo de *Pandemonium* y el modelo de *reconocimiento por componentes*.

Modelo de comparación de patrones

Este modelo atiende a la comparación de unos datos codificados que la máquina tiene almacenados en patrones con otros datos codificados que se muestran. Si comparación diese una coincidencia, entonces la máquina respondería con el reconocimiento de una forma. Por lo tanto, en éste modelo debe haber, al menos tantos patrones almacenados en la memoria como patrones tengan que ser reconocidos (Figura 239).

Este modelo tiene una raíz en la psicología de la Gestalt. Los Gestalistas propusieron una explicación según la cual existiría reconocimiento cuando apareciera una conexión de trazos de memoria con la imagen visual percibida. El contraste entre trazo y excitación sería por solapamiento, en el momento que el trazo de memoria fuera una copia exacta de lo percibido entonces existiría reconocimiento. En la psicología cognitiva, la comparación se haría a base de superponer el patrón estimular en la retina con todas las plantillas almacenadas en la memoria y ver cuál es la que mejor se ajusta. A este modelo se le ha llamado de “ajuste de plantillas” en el sentido de que trazo e imagen deben ajustarse como una plantilla cuando se superpone sobre una muestra.

²¹³ BRAVO, Tomas. 2014. *La organización perceptual* (UNED: Psicología General) Apuntes Capitulo IV

COMPARACIÓN DE PATRONES EN EL RECONOCIMIENTO DE LA LETRA "E"



Figura 239

No obstante, el modelo expuesto presenta el problema de que al cambiar la orientación o el tamaño del estímulo de entrada o de la excitación en el órgano periférico²¹⁴ (Gibson), ya no se reconocería la forma. Sin embargo, nosotros si establecemos reconocimiento ante estas variabilidades (Wallach y Austin). Por lo tanto, un modelo valido debería incorporar plantillas que pudieran adaptarse a estas transformaciones.

Con a la utilización de un sistema de ejes situacionales, esto podría ser posible. Gibson confirmó esta conclusión al demostrar que, conforme los cambios de orientación son más difícilmente perceptibles, la discriminación de las formas disminuye. Actualmente, este mecanismo de normalización se llama pre-procesamiento.

En el funcionamiento del modelo de comparación de patrones se está resolviendo el proceso por el cual una plantilla se ajusta mejor a la imagen retiniana. Por un lado, se han propuesto explicaciones de proceso sucesivo donde se compara cada plantilla una a una. Por otro lado, se ha propuesto una explicación de proceso paralelo donde se comparan todas las plantillas a la vez.

Modelo de Pandemonium

Este modelo formulado por Selfridge es más flexible que el de modelo de comparación de patrones, ya que se basa en el reconocimiento de características, en concreto se compone de una jerarquía de dispositivos, llamados demonios, de ahí su nombre (Figura 240). En este caso, no se consideran plantillas para comparar, sino una serie de características, cuyo conjunto constituyen el patrón. De esta manera cada patrón estará compuesto por muchos detectores visuales; como delimitación curva, delimitación recta, tipo de vértice o tangencia, orientación entre dos delimitaciones, color, etc.

Este modelo está compuesto de cuatro dispositivos: El primero proporciona o codifica una imagen de los datos estímulos. El segundo analiza las características de esta imagen: líneas rectas, curvas, ángulos, contornos de figuras, etc. El tercero de una serie de respuestas de objetos significativos en que pueden configurarse esas características. El cuarto decide qué respuesta de esas es la más potente, y según ello reconoce la forma que ocurre en el medio ambiente, con mayor probabilidad según los datos estímulos.

²¹⁴ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

MODELO DE PANDEMONIUM

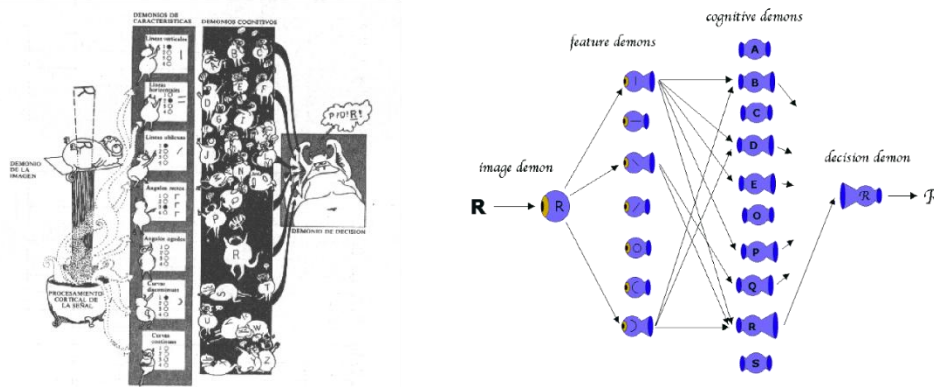


Figura 240

Modelo de reconocimiento por componentes

Este modelo propuesto por Biederman señala que los objetos constan de partes componentes, que constituyen una unidad. Estos componentes son formas tridimensionales básicas denominados geones que pueden ser cubos, cuñas, cilindros, conos, etc (Figura 241). Por lo tanto, los geones se definen por propiedades geométricas invariantes desde cualquier punto de vista. Biederman sostiene que el contorno del objeto se analiza en regiones de concavidad marcada y sus partes conformadoras se comparan con los geones.

GEONES Y OBJETOS

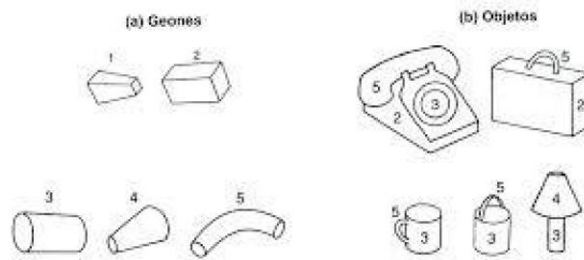


Figura 241

El procesamiento en el reconocimiento de patrones

La teoría del proceso de reconocimiento de patrones ha sido desarrollada por Marr y Nishihara²¹⁵. El estudio trata de ver cómo un patrón, como puede ser una configuración visual de una imagen concreta, se transforma en una representación tridimensional, de tal manera que nos permita reconocer dicha cosa en su realidad. Por lo tanto, consiste en transformar una representación visual en una representación mental. Dado que las perspectivas de un objeto pueden ser infinitas, el modelo se centra en el objeto y no en el observador.

Cuando un objeto desconocido es observado por primera vez, se establece su forma sobre un sistema de coordenadas que adopta las dimensiones del objeto, es decir, el sistema de coordenadas puede ser tridimensional para objetos

²¹⁵ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

tridimensionales, o bidimensional para figuras planas. En concreto, el programa establece los ejes del objeto desconocido a partir de los contornos de la imagen.

El reconocimiento del objeto centrado en el objeto mismo, tiene las ventajas de que basta con un solo modelo para establecer el reconocimiento. Sin embargo, tiene el problema de la variabilidad. Cuando el mismo objeto cambia su forma aparecen una serie de patrones perceptuales diferentes del mismo objeto (Figura 242). En este caso, Marr y Nishihara proponen descomponer el objeto en una jerarquía de partes a las que corresponden una jerarquía de modelos de diferente nivel. Lo que permite una descripción en el nivel más alto es estable, aunque las descripciones de niveles más bajos sean variables.

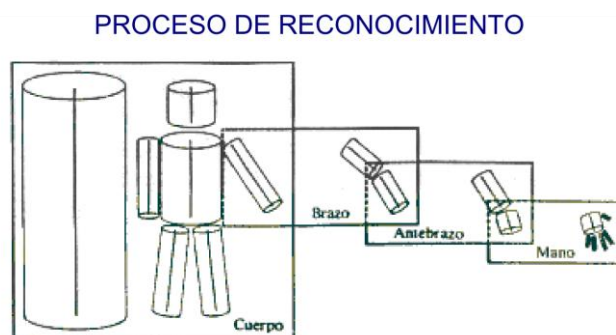


Figura 242

Marr y Nishihara describen los objetos a base de módulos mediante de conos generalizados. Estos no son conos geométricos estrictos, sino que también pueden ser otras formas geométricas o naturales, como por ejemplo un cilindro. Así, cada cono tiene su propio eje y el conjunto de ellos tienen el eje sobre el que se representa el objeto o la figura. Si la figura del contorno de un objeto en una imagen gira sobre su eje, produciría el conjunto de conos generalizados, en que puede descomponerse el patrón.

El reconocimiento se hace comparando esa descripción estructural del objeto, con cada uno de los modelos tridimensionales almacenados con anterioridad siguiendo un orden jerárquico, ya que la jerarquización permite hacer la comparación cada vez con más detalle y con mayor profundidad.

El modelo establece el proceso de reconocimiento visual en tres etapas: esbozo primario, esbozo 2D y esbozo 3D. El esbozo primario crea una representación que delimita los bordes informando de la estructura. El esbozo 2D añade características como el color, tamaño y es bidimensional. Mientras que el esbozo 3D es de alto nivel, aquí el procesamiento es up-down y se centra en el punto de vista.

5.4.2.5. La semiótica, la cognición y la comunicación visual

La semiótica, se define como la disciplina que se ocupa del estudio de los procesos mediante los cuales algo se utiliza como representación de otra cosa, sustituyendo a esa cosa en algún sentido. Margariños²¹⁶ lo expresa de la siguiente forma; *“Entiendo por “semiótica” como disciplina, un conjunto de conceptos y operaciones destinado a explicar cómo y por qué un determinado fenómeno adquiere, en una determinada sociedad y en un determinado momento histórico de tal sociedad, una determinada significación y cuál sea ésta, cómo se la comunica y cuáles sean sus posibilidades de*

²¹⁶ MAGARIÑOS DE MORENTÍN, Juan .2008. *La semiótica de los bordes*. (Comunic-Arte. Cba)

transformación”. Caivano²¹⁷ comenta; *todo lo que no es significativo está fuera del alcance del conocimiento*. La forma que entendemos nuestro mundo se basa en la significación que otorgamos a todo lo que conocemos. Por lo tanto, el reconocimiento visual es el proceso por el cual detectamos objetos significantes, al detectar signos (patrones visuales). *El reconocer una organización visual implica una operación semiótica mediante la cual adscribimos a algo algún tipo de sentido, orden o relación entre sus partes*.

Nuestra imagen visual se puede entender como una representación. El conocimiento a través de las imágenes visuales se da a partir de sus representaciones y de sus características. Por lo tanto, *la comunicación visual se da a través de mensajes canalizados en representaciones visuales*.

El conocimiento científico se puede entender como basado en la semiótica, ya que este crea modelos y sistemas de signos que explican la realidad. Por lo tanto, la semiótica se puede entender como una moderna epistemología, base de todas las ciencias. Por otro lado, las expresiones artísticas también se pueden interpretar a través de la semiótica, ya que sus representaciones se entienden a partir de los diferentes significados que se les otorgamos. De ahí, que lo que no se entiende a partir de un significado²¹⁸ (semiótica) queda fuera de nuestro conocimiento.

Los signos

Un signo es algo que está por alguna otra cosa y que es entendido o tiene algún significado para alguien (Charles Sanders Peirce). De esta forma, un signo se utiliza como sustituyente de otra cosa para transmitir alguna información sobre esta. *Peirce denomina representamen (o signo propiamente dicho), objeto e interpretante a cada una de las tres categorías intervinientes. El representamen es el signo sustituyente, el objeto la cosa sustituida y el interpretante la idea que transmite acerca de esa cosa*.

Por ejemplo, la palabra circunferencia, la utilizamos como signo o representamen para sustituir a la figura geométrica. El interpretante es lo que cada uno conoce bajo el nombre de circunferencia, pudiendo ser su definición en el diccionario. Si en lugar de la palabra utilizamos una figura de una circunferencia, entonces este signo visual se referirá al objeto circunferencia produciendo otro tipo de interpretantes, como pueden ser la información visual de cómo se desarrolla formalmente en el plano. También, podemos representar a la circunferencia mediante una ecuación (5.3.4.2) o podemos representarla por la trayectoria de un punto en el perímetro de una rueda, siendo en estos casos, otros tipos de representamen que a su vez producen otros tipos de interpretantes geométricos, matemáticos o dinámicos. Cada signo es una representación de la circunferencia en relación con alguno de sus aspectos, sin embargo, estos no representan la totalidad del conocimiento de ese objeto.

Los diferentes signos pueden tener significaciones basadas en otros signos. Por ejemplo, si entendemos la circunferencia como un elemento lineal que se desarrolla a partir de un centro. El signo centro forma parte del significado del signo circunferencia.

Por lo tanto, los objetos son signos que se pueden entender a partir de otros signos más básicos²¹⁹.

²¹⁷ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

²¹⁸ GROUPE μ. 1993. *Tratado del signo visual*. (Fuenlabrada- Madrid: Ediciones Catedra)

²¹⁹ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

“Ese objeto, al cual se refieren todos esos signos, no es un objeto “real”, siempre queda más allá de nosotros porque sólo tenemos acceso a él a través de algún tipo de signos; por lo tanto, también el objeto es un signo. Ernst Cassirer (1944: 26) definió al hombre como animal simbólico. El hombre está confinado en un universo de signos y no tiene posibilidad de salir de él para acercarse al mundo “real”. Solamente tiene contacto con el mundo a través de los sistemas de signos”.

Clasificación de los signos

Los diferentes signos se pueden clasificar dependiendo de los diferentes criterios que se pueden utilizar. Si la clasificación se realiza en torno a la base de las relaciones internas (Peirce), tendríamos tres tipos de signos: cualisigno (signo que es una cualidad), sinsigno (signo singular) y legisigno (signo que es una ley o convención). Si la clasificación se establece en función de las relaciones de los signos con los interpretantes, tendríamos: rhema, dicisigno (o signo dicente) y argumento. Si los clasificamos atendiendo a las relaciones entre los signos y los objetos a que se refieren, tenemos los signos: ícono, índice y símbolo.

Centrándonos en esta última clasificación, un *ícono* es un signo que se refiere a un objeto en función de alguna similitud con éste; un *índice* se refiere a un objeto en función de estar necesariamente ligado a él, ya sea por una relación de contigüidad o una relación existencial. Mientras que un *símbolo* se refiere a un objeto en virtud de alguna convención establecida.

Si tomamos los ejemplos mencionados en relación con la circunferencia, en el caso del signo verbal o la ecuación matemática nos encontramos ante símbolos, ya que el hecho de que la palabra o la ecuación se refiera al objeto parábola es una convención de los diferentes tipos de lenguaje, en el caso de la trayectoria de un punto nos encontramos ante un índice, porque al moverse la rueda señala su trayectoria mediante el punto, de manera que el punto se establece como una señal ligada a la forma circular, mientras que en el caso de la representación gráfica estamos ante un ícono, ya que se establece una relación de similitud formal.

Por otro lado, los signos también pueden clasificarse en función del canal sensorial a través del cual los percibimos. De esta forma, los signos pueden ser percibidos a través de los canales auditivo, táctil, olfativo o visual. Dentro de los signos visuales pueden tener características temporales o atemporales. Los primeros involucran un desarrollo temporal, mientras que los segundos son estáticos, es decir el factor tiempo no tiene cabida. Evidentemente, sobre esta clasificación los signos que nos interesan los signos visuales.

Tipos de signos en la imagen visual

Se han propuesto diferentes formas de establecer los signos visuales, en general las diferencias estriban en el grado de amplitud que abarcan términos claves, como forma y color. Caivano²²⁰ nos muestra estas de la siguiente forma;

“Sven Hesselgren (1973: 11) considera como modalidades de percepción a la forma, el color y la luz, a las que luego agrega la textura. Bruno Munari (1985: 84-85) analiza el soporte del mensaje visual mediante cinco elementos: textura, forma, estructura, módulo y movimiento. César Jannello (1984: 1)

²²⁰ CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible* (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)

discrimina cuatro materias: la delimitación (o forma), el color, la textura y la cesía. Hay quienes consideran solamente la forma y el color (González Ruiz 1986: 13), incluyendo en estas dos categorías todo el dominio de la percepción visual”.

Caivano propone su tipología basándose en el criterio de Jannello, al cual agrega, el movimiento, ya que es signo de cualquier forma de expresión donde aparezca algún aspecto cinético. Entonces, su esquema queda definido por el color, la cesía, la textura, la forma y el movimiento. Los cuales están relacionados con las nociones de luz, espacio y tiempo. El color y la cesía se establecen en función de cómo la luz es percibida, la forma y la textura se refiere a la delimitación del espacio, mientras que el movimiento se desarrolla en la dimensión del tiempo. No obstante, si se estudian los signos visuales de forma atemporal, entonces el movimiento no aparecería.

En nuestro caso, establecemos una clasificación que diferencia estos signos en función de su procesamiento visual y perceptual. Los signos directos son aquellos que atienden a sensaciones básicas, es decir son los que nos llegan desde sensaciones puras como por ejemplo de un color, de la delimitación de una figura o de un movimiento. Por lo tanto, estos signos son; el color, la forma (bidimensional y tridimensional) y el movimiento. Los signos *semidirectos* son aquellos que aparecen de la interacción sensorial, es decir se crean mediante la interacción de las cualidades visuales en nuestra imagen, sin la necesidad de significación. Dentro de este tipo de signos están los diferentes tipos de agrupaciones y de forma predominante las texturas. Por último, están los signos indirectos, es decir no nos llegan de forma directa sino que necesitamos de un procesamiento perceptual y de reconocimiento. A este grupo pertenecen los signos de la cesía. De la misma forma que los signos *semidirectos* se forman a partir de signos directos, los signos indirectos se forman a partir de signos directos y *semidirectos*. Por ejemplo, el signo de translucidez de un objeto nos llega con las sensaciones de color, de forma y de textura. Si no experimentáramos estas cualidades visuales no veríamos nada y no se formaría el signo de translucidez.

Los signos de apariencia superficial y material; Las texturas y las Cesías

Las texturas y las cesias se configuran como signos que nos informan de las cualidades superficiales y materiales de los objetos.

CESÍAS
SIGNOS QUE NOS INFORMAN DE LAS DIFERENTES INTERACCIONES LUZ-MATERIA

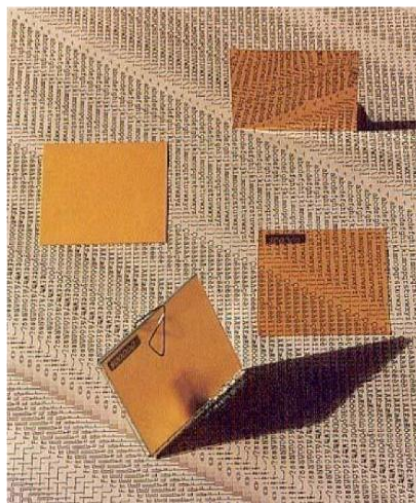


Figura 243

Las texturas como vimos se forman con la agrupación de forma y color por semejanza y proximidad. Las zonas que delimitan nos transmiten significados de las diferentes superficies y sus interacciones nos muestran la apariencia de dichas superficies.

Por otro lado, las cesías también nos informan de las cualidades superficiales de los objetos, y en el caso de que estos tengan una materialidad transparente o translúcida, también nos informan de su apariencia interna. El concepto de Cesía ha sido desarrollado por Caivano a partir de los estudios de Cesar Janello (su nombre viene de una mezcla entre Cesar y apariencia) atendiendo a las diferentes percepciones de la distribución espacial de la luz. En concreto, la cesía es el aspecto de la visión que está relacionado con la percepción de las diferentes formas de distribución de la luz en el espacio, lo que Richard Hunter (1975) denominara “*atributos geométricos de la apariencia*”.

El reconocimiento de las diferentes formas de interacción luz-materia lo utilizamos como signos visuales que nos informan sobre ciertas cualidades superficiales y materiales de los objetos que nos rodean. Por lo tanto, las cesías son los perceptos visuales que nos informan del nivel de claridad u oscuridad, del grado de opacidad, del brillo, de la transparencia, de la traslucencia, etc (Figura 243). Evidentemente estos signos aparecen de forma indirecta, ya que se requiere un reconocimiento significativo para su establecimiento.

5.4.3. LA APARIENCIA

5.4.3.1. Los signos visuales

A continuación, vamos a estudiar como los diferentes signos visuales nos informan de cómo son los objetos que nos rodean y de cómo son de los entornos donde estos se sitúan. Al conjunto de signos visuales que describen como es un objeto lo denominamos como apariencia. Los diferentes signos los estudiaremos siguiendo atendiendo al orden de como los hemos descrito, es decir: *directos*, *semidirectos* e *indirectos*.

Palabras, conceptos y significados

A la hora de hablar de la apariencia podemos tener dudas sobre el concepto concreto al que nos referimos al usar una palabra que puede tener varias concepciones. Si utilizamos por ejemplo a la palabra “*color*” vemos que puede tener varios significados. En general están relacionados, pero sus concepciones no son iguales.

De esta forma, la palabra “*color*” se puede entender como una cualidad de un objeto material, por ejemplo como el pigmento de una pintura roja. Se puede entender como una frecuencia de luz, por ejemplo, por una radiación lumínica con una frecuencia de 700nm. También, se puede entender como una sensación, como aparece al ver el rojo en una composición. De igual forma, el rojo se puede entender a través de una percepción, como la que tenemos al mirar la sangre. Se puede entender como un signo, por ejemplo el rojo nos puede informar de que una fruta se puede comer. Se puede interpretar como un símbolo como el rojo de la pasión. El rojo puede representar una emoción, como la que puede experimentar un hincha al ver ese color en los días que juega de la selección española de fútbol (la roja). Puede ser un recuerdo almacenado como el recuerdo del color de la lata de *coca-cola*, etc.

Por lo tanto, debemos tener en cuenta la multiplicidad de significados a los que puede hacer referencia una misma palabra, para no equivocarnos en su interpretación.

Diferencia entre sensación y percepción

Sensación y percepción no son lo mismo²²¹. La sensación se refiere a las experiencias inmediatas básicas, generadas por los estímulos visuales, mientras que la percepción incluye la interpretación de esas sensaciones, dándoles significado y sentido. La organización, interpretación, análisis e integración de los estímulos, implica la actividad no sólo de nuestros órganos sensoriales y del cerebro, sino que también incluyen el procesamiento de estos estímulos.

Se acepta generalmente que la sensación precede a la percepción y que esta es una diferencia funcional sencilla; en el proceso sensible se percibe un estímulo -sensación-, como puede ser un color rojo, luego se analiza y compara la información suministrada por ese estímulo y después de interpretar la percepción que hemos tenido de dicha sensación, se decide si es necesario permanecer en una actitud de alerta frente algún peligro o no.

Como ejemplo podemos tomar la imagen conocida dualidad²²² perceptiva (Figura 244a); ¿dos caras o una copa? Muchos de nosotros podremos percibir ambas figuraciones en función de si alternamos las formas al asignar mentalmente fondo y figura. Sin embargo, una persona como puede ser un indígena de una cultura lejana, podría percibir dos rostros mirándose uno frente al otro en un anochecer, por otro lado, al intentar alternar fondo y figura puesto que nunca ha visto una copa, solo vería una figura que no irreconocible como objeto y posiblemente no aceptaría esta inversión. Por otro lado, en la imagen (Figura 244b) nosotros podemos alternar fondo y figura, sin reconocer ningún objeto, sin embargo el indígena puede reconocer la silueta azul de un tótem de su tribu. Esto demuestra que, aunque el estímulo y la sensación son constantes, las percepciones pueden ser distintas en función de nuestros conocimientos, recuerdos, cultura y experiencia personal.

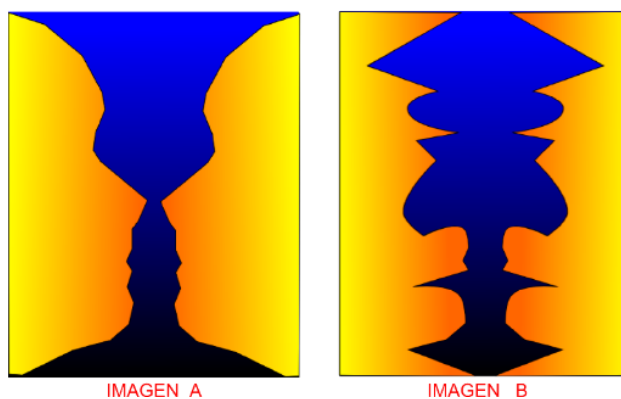
ALTERNANCIA ENTRE FIGURA-FONDO Y SUS PERCEPCIONES

Figura 244

Percepción y signo

Cuando reconocemos un objeto en una imagen visual es porque detectamos ciertos rasgos o patrones característicos que lo definen. Estos rasgos los podemos denominar como signos. En el caso de una imagen visual los signos se forman a partir de alguna de sus cualidades visuales o de sus asociaciones. Por otro lado, a partir de estos signos, se pueden crear otros de signos tal y como vemos.

²²¹ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

²²² PIND Jörgen L. 2012. *Figure and ground at 100*. (Iceland: School of Health Sciences, University of Iceland read discuss contribute at www.thepsychologist.org.uk)

En nuestro ejemplo (Figura 244a); ¿dos caras o una copa? La cualidad que se convierte en signo es la forma y las interacciones de esta. El límite o delimitación que perfila la figura es la que nos hace reconocer los objetos. En el caso de una copa (Figura 245c), podemos ver ciertos rasgos inconfundibles del contorno del objeto como; una base ondulada que se ensancha al llegar a la parte baja, un recipiente en forma de cuenco con ensanchamiento en la parte superior, la simetría característica de las copas, la posición vertical, así como la relación entre las anteriores partes, mientras que en el caso de las caras (Figura 245d) vemos dos perfiles de caras iguales enfrentadas de forma simétrica, y en cada cara podemos detectar rasgos como la caída de la frente en forma curva, el orificio de los ojos, la pronunciación de la nariz de forma recta, el perfil de los labios y la barbilla, el recogimiento del cuello, y por supuesto la proporción entre estos elementos.

DELIMITACIONES COMO RASGOS CARACTERISTICOS DE CIERTOS OBJETOS

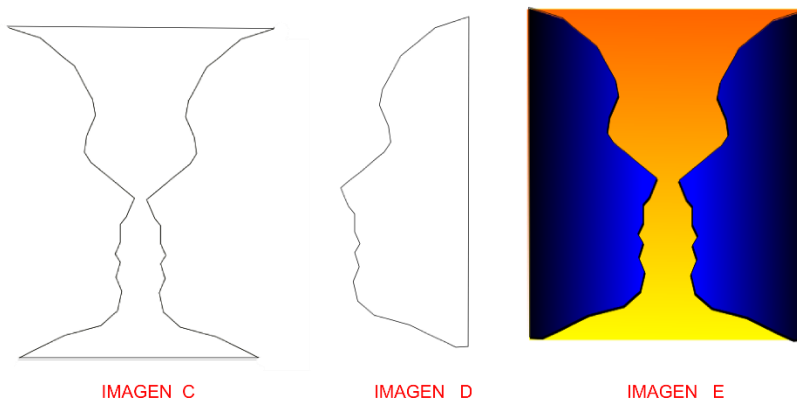


Figura 245

En este caso la cualidad del color nos ayuda a la identificación; como los colores cálidos de las caras y el fondo azul del cielo o en el caso contrario el azul de un vidrio y el fondo cálido de un espacio interior. No obstante, estos rasgos no son imprescindibles ya que si los alternamos los colores (Figura 245e) o los hacemos desaparecer (Figura 245c y d) sigue apareciendo el reconocimiento.

En función de nuestros conocimientos, inquietudes e intereses estas cualidades son seleccionadas, convirtiéndolas en signos en nuestros procesos perceptivos, ya que nos aportan información, es decir las convertimos en elementos significantes para nosotros. No obstante, independientemente de que exista reconocimiento o no, las cualidades de la imagen visual siguen siendo las mismas, es decir las sensaciones son las mismas, aunque las percepciones pueden ser diversas.

Como veremos, algunas características de los objetos no se pueden obtener directamente de las cualidades básicas, por lo que requieren de las asociaciones de cualidades, de la labor perceptiva de reconocimiento de objetos e incluso de la relación de percepciones.

5.4.3.2. Los signos directos

Tal y como vimos los signos directos son los que nos llegan directamente de las cualidades visuales en forma de sensaciones. Estos son el color, la forma y el movimiento.

Se les ha denominado directos, ya que se detectan a partir de la información básica que recibimos, o sea, de las sensaciones básicas que obtenemos de nuestra imagen visual. Por lo tanto estamos hablando de las sensaciones directas

obtenidas a partir de las diferentes frecuencias de la luz visible, es decir color, y de su distribución sobre nuestra imagen visual, es decir forma, cuando cobran valor significativo.

Dado que nuestro mundo es tridimensional y temporal nuestras sensaciones también lo son y los signos que obtenemos de ellas. La sensación de profundidad actúa siempre conjuntamente con la de color y forma, tendríamos que provocar una situación específica como ver una película de dibujos animados planos sin traslapo en un cine con oscuridad total y aun así nuestro recuerdo próximo nos daría la percepción de profundidad.

Sin embargo, el signo directo que más capta nuestra atención es el movimiento. La perturbación repentina en nuestra imagen visual hace que dirijamos nuestra atención a ella. El movimiento es constante en nuestra vida; muchos de los objetos que nos rodean se mueven, nosotros nos movemos, nuestra cabeza y nuestros ojos se mueven constantemente, lo raro es tener una imagen visual constante durante un tiempo, habría que provocarlo y aun así nuestros ojos inquietos al recorrer la imagen estática se moverían. Por lo tanto, la sensación de movimiento actúa igualmente junto con las anteriores y por lo tanto, el signo de movimiento es de primer orden, ya que la sensación de movimiento es directa, o sea detectamos el movimiento de forma instantánea y a la vez que las otras sensaciones.

También, debemos aclarar que la información visual es absorbida toda a la vez, es decir no es separable. La separamos solo conceptualmente, aunque en la detección de signos seleccionamos y utilizamos solo aquella información primordial que es o puede ser de nuestro interés. Es decir, de todos los signos reconocibles atendemos a aquel o aquellos que nos ofrecen la información requerida (Figura 246).

SIGNOS DIRECTOS EN NUESTRA IMAGEN VISUAL



Figura 246

En el caso de esta imagen, los signos que nos interesan son aquellos que nos ayuda a detectar las moras como tales y cuáles de ellas debemos coger para satisfacer nuestras necesidades.

El color como signo

La apariencia de color (*colour appearance*) se define²²³ como: *El aspecto de la percepción visual por el cual las cosas se reconocen por su color.* El color nos informa de la cualidad de apariencia superficial. Por ejemplo, un color uniforme se entiende como una superficie plana de un material con una estructura macroscópica uniforme, regular e iluminada uniformemente.

En el caso, de que esta superficie abarcará toda nuestra imagen visual la superficie se percibiría sin forma definida. Nuestra experiencia tridimensional y temporal del mundo hace que un color solo se entienda como un fondo donde va a aparecer una figura u objeto, o como parte de una superficie plana de un objeto vista desde muy cerca, y donde se espera en breve un cambio o alejamiento.

²²³ COMITE ESPAÑOL DE COLOR. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ÓPTICA. 2002. Vocabulario del Color (Website: www.sedoptica.es/SEDO/color/docs/.../vocabulario-del-color.pdf)

Aparte de informarnos de la apariencia superficial, un color puede informarnos del estado de la materia. Por ejemplo, nos puede informar de la madurez de una fruta o de la suciedad del agua, etc.

Evidentemente los colores también actúan como símbolos. En este caso, los significados de los colores suelen tener una doble polaridad, es decir cada color puede responder en ocasiones a connotaciones positivas y en otras a negativas. Por otro lado, ciertas combinaciones de colores (los acordes cromáticos) a su vez, también tienen significaciones concretas. Sobre esta dualidad, los acordes y su capacidad para transmitir emociones nos habla Eva Heller²²⁴ en su libro sobre la psicología del color:

“...las personas que trabajan con colores deben saber qué efecto producen los colores en los demás. Cada uno de estos profesionales trabaja individualmente con sus colores, pero el efecto de los mismos ha de ser universal. ... los colores y sentimientos no se combinan de manera accidental, que sus asociaciones no son cuestiones de gusto, sino experiencias universales profundamente enraizadas desde la infancia en nuestro lenguaje y nuestro pensamiento. El simbolismo psicológico y la tradición histórica permiten explicar por qué esto es así. ...¿Qué efectos producen los colores?..¿Qué es un acorde acromático? .Cada color puede producir muchos efectos distintos, a menudo contradictorios. Un mismo color actúa en cada ocasión de manera diferente. El mismo rojo puede resultar erótico o brutal, inoportuno o noble. Un mismo verde puede parecer saludable, o venenoso, o tranquilizante. Un amarillo, radiante o hiriente. ¿A qué se deben tan particulares efectos? Ningún color aparece aislado, cada color está rodeado de otros colores. En un efecto intervienen varios colores – un acorde de colores.

Un acorde cromático se compone de aquellos colores más frecuentemente asociados a un efecto particular. Los resultados de nuestra investigación ponen de manifiesto que colores iguales se relacionan siempre con sentimientos e impresiones semejantes. Por ejemplo a la algarabía y a la animación se asocian los mismos colores que a la actividad y a la energía. A la fidelidad, los mismos colores que a la confianza. Un acorde cromático no es ninguna combinación accidental de colores, sino un todo inconfundible. Tan importantes como los colores aislados más nombrados son los colores asociados. El rojo con el amarillo y el naranja produce un efecto diferente al del rojo combinado con el negro o el violeta; el efecto del verde con el negro no es el mismo que el verde con el azul. El acorde cromático determina el efecto del color principal...”

Existen significados de los colores que son universales, es decir que en cualquier punto del planeta tienen el mismo significado para el ser humano. También, existen significados regionales o culturales que atienden solo a un grupo cultural concreto pero que no llegan a ser universales. Y por último, existen colores con significados particulares, es decir un individuo puede darle un significado personal a un color concreto por una razón particular, personal y/o subjetiva.

En nuestra cultura los colores preferidos son el azul, el rojo y el verde, mientras que los amarillos, los tonos naranjas y los violetas ocupan un segundo plano en el gusto colectivo. Por otro lado, las mujeres sitúan el rojo en primer lugar, y los hombres el azul.

Una misma forma significativa puede tener diversos significados particulares en función del color que adopte.

²²⁴ HELLER, Eva. 2009. *Psicología del color*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

En el ejemplo (Figura 247) se muestran tres corazones con formas (delimitaciones) iguales que cobran sentidos diferentes en función de su color. Por lo tanto, podemos decir que el color se convierte en signo básico en los procesos de detección e interpretación del mundo que nos rodea.



Figura 247

En general, también existe distinción entre colores cálidos y colores fríos. Los colores cálidos por ejemplo en matices claros sugieren delicadeza, feminidad o amabilidad. Los matices más intensos con predominio de rojo sugieren vitalidad, poder, riqueza, etc. El amarillo con el rojo y el naranja constituyen los colores de la emoción. Por otro lado, los colores fríos en matices claros expresan delicadeza, frescura, expansión, descanso, etc. Mientras que los matices intensos con predominio de azul reflejan melancolía, misterio o depresión.

Los colores han ido ofreciendo diversos significados en la evolución del hombre. De forma global, se han asociado al mundo natural que nos rodea, por ejemplo el blanco se ha asociado a la luz y a la nieve, el azul al cielo y al agua, el marrón a la tierra y la madera, el verde a la vegetación, naturaleza, humedad y agua, el gris a la piedra, el rojo a la fruta, las flores, el fuego y la sangre, el amarillo al sol, a la luz, al oro, al limón, al desierto o a la arena, y el negro se ha asociado a la noche y la oscuridad, etc.

A continuación exponemos los significados duales de nuestra sociedad para los colores más relevantes y sus acordes cromáticos:

El amarillo

Como connotaciones positivas el amarillo se entiende como el color de la luz, del sol, de la acción, del poder, y simboliza oro, fuerza, voluntad y estímulo. Es el color más intelectual y puede ser asociado con una gran inteligencia o con una gran deficiencia mental. Sus significados negativos se relacionan con la envidia, la ira, la cobardía, la enfermedad y los bajos impulsos. En este sentido, simbología arrogancia y traición, incluso satanismo. En cuanto a sus acordes; mezclado con negro constituye un matiz verdoso muy poco grato y que sugiere enemistad, disimulo, crimen, brutalidad, recelo y bajas pasiones. Cuando se mezcla con blanco puede expresar cobardía, debilidad o miedo. Cuando tiene una leve tendencia verdosa puede reflejar riqueza.

El naranja

El naranja es entusiasmo, ardor, incandescencia, euforia en su significación positiva. Simboliza entusiasmo y exaltación, y cuando es muy encendido o rojizo, ardor y pasión. Es algo más cálido que el amarillo se le considera como estimulante de los centros nerviosos y actúa como estimulante de los tímidos y los tristes. Sus significaciones negativas pueden relacionarse con la tentación lujuriosa, el orgullo o la ambición. También es negativo cuando aparece mezclado con el

negro. En este caso, sugiere engaño, conspiración e intolerancia y cuando es muy oscuro, opresión. Mezclado con blanco constituye una rosa carne que tiene una calidad muy sensual.

El rojo

El rojo tiene significados positivos como; pasión, actividad, fuerza, impulso y acción. Es el color del movimiento y de la vitalidad. Aumenta la tensión muscular, activa la respiración, estimula la presión arterial, por lo tanto es el más adecuado para personas retraídas que necesiten más actividad. Como significados negativos, simboliza la sangre, el fuego, el calor, o la violencia. También significa desconfianza, destrucción, crueldad y rabia. En este sentido evoca la guerra, el diablo y el mal. Mezclado con blanco es frivolidad, inocencia, y alegría juvenil, y en su mezcla con el negro estimula la imaginación y sugiere dolor, dominio y tiranía.

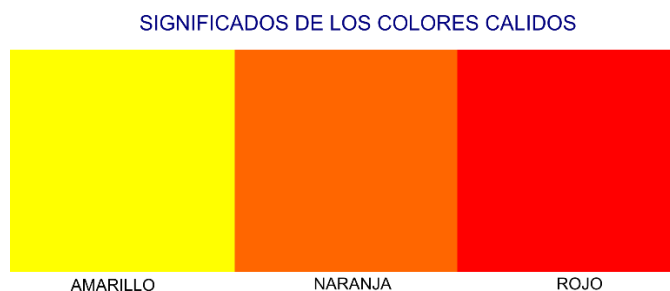


Figura 248

El violeta

El violeta abarca los matices conocidos como añil, índigo, violeta, lila y morado. Sus significados positivos son humildad, retiro, recogimiento, religiosidad, tolerancia, intuición, sabiduría, temperancia. En su variación al púrpura, es realeza, dignidad, suntuosidad. Mientras que los negativos hacen referencia a la nostalgia, la melancolía, al conformismo o la soledad. Siendo el color de las brujas, de los arrepentidos, de los penitentes, y deprimidos. Mezclado con negro es deslealtad, desesperación y miseria. Mientras que mezclado con blanco sugiere muerte, rigidez y dolor.

El azul

El azul es el color más frío e inmaterial de los colores. Sus connotaciones positivas se refieren a la inteligencia, la verdad, la sabiduría, el recogimiento, el espacio y la inmortalidad. Es el color del infinito, de los sueños y de lo maravilloso. También se asocia con el cielo y el agua, significando paz y quietud. De esta forma, actúa como calmante y en reducción de la presión sanguínea. Sus significaciones negativas están relacionadas con el miedo y el desvarío. En su mezcla con el blanco forma un matiz celeste que expresa pureza y fe.

El verde

Es un color de gran equilibrio, de hecho se encuentra en medio del espectro visible y aparece con la mezcla del cálido amarillo con el frío azul, es decir conlleva a la vez emoción y juicio. Significa positivamente; naturaleza, humedad, frescura, realidad, esperanza, razón, lógica, crecimiento y juventud. En su polo negativo, refleja angustia y ansiedad, incluso veneno. Mezclado con blanco expresa debilidad o pobreza.

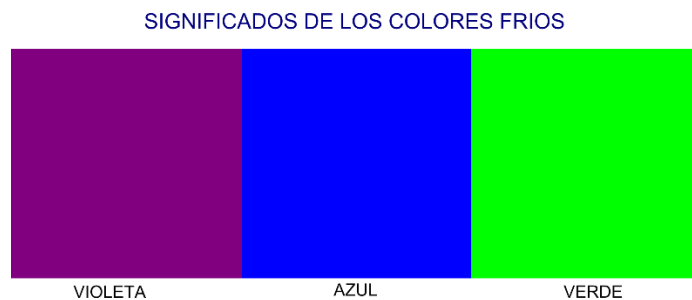


Figura 249

Por otro lado los colores acromáticos también tienen diversos significados:

El blanco

El blanco se forma por la síntesis de todos los colores, por lo tanto es símbolo de lo absoluto, de la unidad, de la perfección, de la pureza, y de la inocencia. También el blanco significa paz o rendición. En sentido negativo puede representar frialdad, poca vitalidad, vacío, ausencia. Mezclado con cualquier color sube su luminosidad, aportándoles brillo y ligereza.

El gris

El gris es el producto de la mezcla del blanco y del negro. En función del contenido de cada uno de estos se acercará más a los significados de uno o de otro. En su mezcla equilibrada simboliza la neutralidad. Su significado es mucho más favorable cuando aparece limpio y claro que cuando es sucio y oscuro. Significa sensatez, experiencia, sentido común, justa medida entre mentalidad y emotividad, entre actividad y pasividad. Pero puede significar depresión, indiferencia, astucia, engaño y tristeza. El gris es el color del plomo, del tiempo lluvioso, de las rocas o de las hojas secas al marchitarse. Mezclado con cualquier color reduce su croma y cambia sus potencias psíquicas.

Negro

El negro es la ausencia de luz, es el no color. Sin luz no existiríamos. Simboliza la muerte, la noche, la nada, el abismo, las tinieblas, el error y el mal. Aunque en sus significaciones positivas significa elegancia, rigor, prudencia, honestidad o seriedad. Mezclado con cualquier color le quita luminosidad y lo vuelve oscuro.



Figura 250

Como vemos todos los colores tienen multitud de significaciones y más cuando hacemos referencia a una cultura concreta. Por ejemplo vamos a exponer las cualidades psicológicas del color azul, ya que el azul es el color preferido de nuestra sociedad según los plasma Eva Heller²²⁵;

“...el azul es también el color preferido para los automóviles, tanto para las limusinas de lujo como para los pequeños utilitarios. En las viviendas, el azul resulta frío, pero tranquilizante, y se usa en dormitorios. Sólo hay un ámbito donde el azul no goza de aceptación: no comemos ni bebemos prácticamente nada de color azul.

...el azul tiene su significado más importante en los símbolos, en los sentimientos que a él asociamos. El azul es el color de todas las buenas cualidades que se acreditan con el tiempo, de todos los buenos sentimientos que no están dominados por la simple pasión, sino que se basan en la comprensión recíproca.

...el azul es el color más nombrado en relación con la simpatía, la armonía, la amistad y la confianza. Éstos son sentimientos que sólo se acreditan con el tiempo, que casi siempre nacen con el tiempo y que siempre se basan en la reciprocidad.

el cielo es azul, y por eso es el azul el color divino, el color de lo eterno.

Divino y terrenal

en contraste con el azul divino, el verde es terrenal: el color de la naturaleza. En el acorde azul-verde se unen cielo y tierra. En el verde, el azul divino se convierte en azul humano.

...nuestra experiencia nos enseña que si se acumulan grandes masas de algo transparente, surge el color azul. Por eso es el azul el color de las dimensiones ilimitadas. El azul es grande.

...el azul es el color de aquellas ideas cuya realización se halla lejos. El violeta simboliza el lado irreal de la fantasía – lo fantástico-. El naranja, tercer color de la fantasía, simboliza el placer de las ideas locas. Azul -violeta-naranja es el acorde de la fantasía.

...los dioses viven en el cielo. El azul es el color que los rodea; por eso es, en muchas religiones, el color de los dioses.

En muchas iglesias se pintaba la cúpula de azul porque simbolizaba la bóveda celeste.

El azul y el blanco combinados simbolizan en todos los lugares los valores supremos. Es el acorde de la verdad, el bien y la inteligencia.

...el azul es el color más frío. El origen de que el azul se considere un color frío radica en la experiencia: nuestra piel se pone azul con el frío, incluso los labios toman color azul, y el hielo y la nieve muestran tonos azulados. El azul es más frío que el blanco, pues el blanco significa luz, y el lado de la sombra es siempre azulado.

²²⁵ HELLER, Eva. 2009. *Psicología del color*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

El azul resulta incómodo como color de interiores, pues ópticamente parece abrir el espacio dejando entrar el frío. Si se pasa de una habitación rosa o amarilla a una azul, se tiene la impresión de que en la habitación azul hace más frío. “las habitaciones tapizadas de azul parecen más espaciosas, pero también vacías y frías”

En los países cálidos este efecto puede ser deseable, pues el azul produce una sensación de agradable frescor. En el sentido simbólico, el frío azul es también uno de los colores del orgullo.

...en Sobre lo espiritual en el arte escribe Kandinsky: “cuanto más profundo el azul, más llama al hombre a lo infinito y despierta en el anhelo de lo puro y, finalmente, de lo suprasensible.”...”

La forma como signo

La forma se experimenta en la imagen visual como vimos al aparecer delimitaciones o degradados debidos a la interacción del color.

Las delimitaciones pueden informarnos de diferentes cualidades de los objetos materiales. Por ejemplo (Figura 251), la delimitación que crea el contorno entre las superficies rojas y gris nos informa de la definición del volumen tridimensional del objeto y su forma recta nos informa de que las superficies que definen el objeto son planas. Las delimitaciones entre rojos se entienden como las intersecciones entre las superficies que quedan dentro del contorno del objeto, es decir las aristas rectas nos dicen como son las superficies que quedan dentro del contorno. Las diferencias de colores entre sus superficies crean las delimitaciones y nos informan de las diferentes orientaciones de las superficies del objeto en función de la luz que le llega. Por lo tanto, estas nos ofrecen más información del volumen tridimensional del objeto, de la forma y las cualidades de sus superficies. El encuentro entre las tres delimitaciones se entiende como un vértice, que nos informa de cómo se formaliza el encuentro de tres superficies diferentes del objeto.

Ahora, sobre una superficie plana pueden aparecer nuevas delimitaciones que representen figuras o composiciones planas. En este caso son las delimitaciones que aparecen por la interacción de los colores superficiales, en este caso los contornos que aparecen debidos a la segregación figura-fondo describen la forma bidimensional general y las delimitaciones interiores que aparecen de la interacción de colores nos informan de cómo se estructuran sus partes.

SIGNOS EN LA FORMA TRIDIMENSIONAL Y EN LA BIDIMENSIONAL

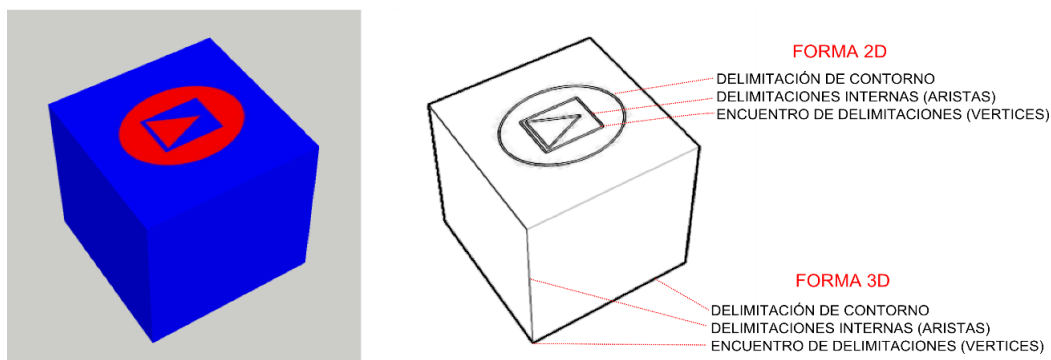


Figura 251

Entonces, el encuentro de dos superficies planas se nos muestra como una delimitación recta, significando una arista recta, el encuentro de una superficie plana con una superficie recta se muestra como una delimitación curva sobre un

plano, significando una arista curva plana y por último, el encuentro entre dos superficies curvas con desarrollos diferentes se ve como una delimitación curva en el espacio tridimensional, representando una arista curva tridimensional.

Cuando más de dos superficies confluyen vemos un punto que representa un vértice. También, pueden aparecer un vértice cuando una superficie curva confluye en un solo punto, como ocurre en un cono (Figura 252).

SIGNOS EN LAS FORMAS TRIDIMENSIONALES CON SUPERFICIES CURVAS

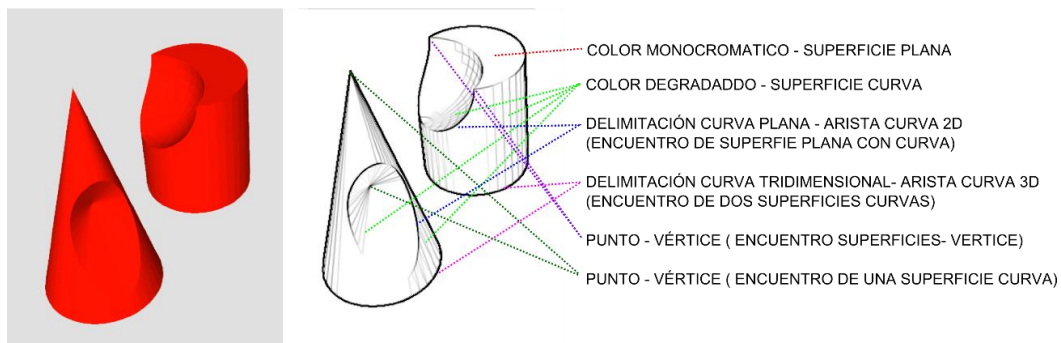


Figura 252

Los degradados no establecen el límite de un objeto o figura sobre su fondo. Por lo tanto, solo nos informan de las cualidades superficiales de los objetos. Si no se percibe un degradado o un cambio de color debido a la orientación en las superficies de un objeto tridimensional, entonces este se percibe como plano. Un objeto donde el interior de su contorno se ve de un solo color, es decir monocromático, sin degradados, ni delimitaciones, se percibe como plano.

La figura externa o contorno de un objeto tridimensional varía en función de cómo la vamos rodeando, a no ser que sea una esfera. En función de cómo cambia el contorno cambian las disposiciones de las delimitaciones. En general, los perfiles que más información formal ofrecen suelen establecerse como patrones característicos, mientras que los contornos con menos carga de información visual, por ejemplo los que ofrecen figuras en escorzo, no suelen establecerse como patrones significativos.

Por otro lado, existen objetos que debido a su gran tamaño o a estar parcialmente tapados por traslapeo, no se ve su contorno completo. En estos casos, son sus rasgos formales visibles más característicos los que identifican al objeto.

El degradado aparece cuando no existe límite visible entre dos colores, es decir el paso de un color a otro se realiza mediante una transición gradual entre estos y puede tener también diversos significados. El degradado de color, se puede percibir como una superficie curva 3D (Figura 253a), como una superficie plana iluminada de forma no uniforme (Figura 253b). Incluso como una variación uniforme de pigmentos sobre una superficie plana (Figura 253c). Podemos observar que los rectángulos 1, 2 y 3 muestran el mismo degradado.

LOS DEGRADADOS COMO SIGNOS VISUALES



Figura 253

Las formas se conforman como herramientas esenciales en la determinación de los objetos que se encuentran ante nosotros. Aunque varíen ciertos rasgos formales, si los más significativos se mantienen entonces el reconocimiento sigue existiendo. En el ejemplo podemos ver diferentes representaciones de una manzana (Figura 254), donde existen ciertas variaciones de color pero donde se mantienen los rasgos más significativos a través de las delimitaciones, produciéndose el reconocimiento en los tres casos del objeto manzana. Por otro lado, las cualidades que los diferencian establecen los diferentes tipos de manzana a las que representan.

TRES TIPOS DE REPRESENTACIÓN DE UNA MANZANA



Figura 254

Evidentemente el color también influye de forma importante en el reconocimiento, sin embargo, dada la gran variabilidad de color de los objetos cotidianos y de la variabilidad de la luz por la que se ven iluminados esta en muchas ocasiones el signo de color queda relegado a una segunda posición en el proceso de categorización, cumpliendo una función más informativa de la cualidad del objeto, que reconocimiento del objeto en sí mismo.

En este caso vemos dos objetos con igual forma y por lo tanto igual delimitación y diferente color. Aquí, la forma nos define el objeto y el color nos ayuda a diferenciarlo (Figura 255).

I. LA FORMA EN EL RECONOCIMIENTO DEL OBJETO Y EL COLOR COMO CUALIDAD DIFERENCIADORA

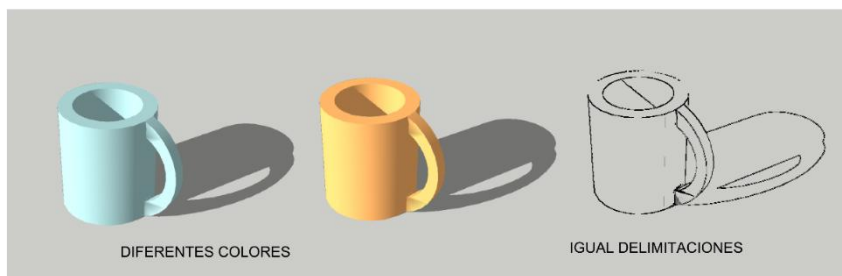


Figura 255

En el caso de dos formas diferentes, como se puede comprobar en las delimitaciones, si las comparamos, aunque con rasgos similares, la forma primeramente nos diferencia el objeto aunque el color sea el mismo (Figura 256).

II.I. LA FORMA EN EL RECONOCIMIENTO DEL OBJETO Y EL COLOR COMO CUALIDAD DIFERENCIADORA

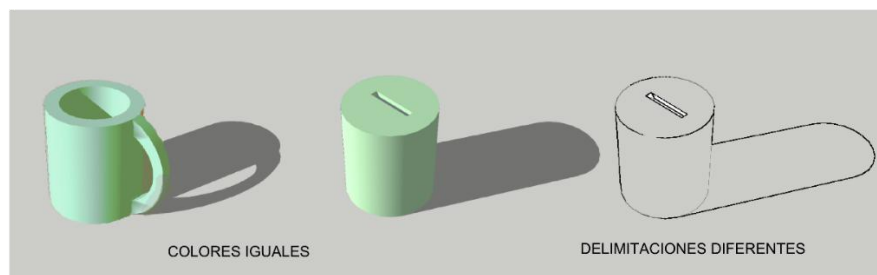


Figura 256

Los colores también actúan como signos informándonos del material del que está compuesto un objeto que se ha reconocido por la forma, o de su estado de conservación. Como ejemplo también nos sirve la imagen de las moras (Figura 246), los signos formales de las moras nos ayudan a detectar las cinco moras de las cuales mediante los signos de color que nos informan de su estado de madurez solo nos interesan las negras. En el desarrollo del ser humano esta cualidad ha sido imprescindible para la selección y recolección de frutos maduros.

En cuanto, a los signos visuales que nos sirven para detectar la profundidad, son los denominados factores perceptuales de determinación profundidad (5.3.1.5↔5.3.5.1↔5.4.3.2).

De igual forma, que el color adquiere otros significados aparte de informarnos de las cualidades superficiales del objeto. La forma, además de describirnos como es la configuración tanto tridimensional, como bidimensional nos puede ofrecer otros significados simbólicos.

El punto y la línea

El punto se entiende como el final, el lugar donde termina algo o donde confluye todo²²⁶. Un punto señala algo y es referencia visual de un lugar o situación. D. A. Dondis²²⁷ nos habla de los significados de punto y de la línea;

“...El punto es la unidad más simple, irreductiblemente mínima, de comunicación visual. En la naturaleza, la redondez es la formulación más corriente, siendo una rareza en el estado natural la recta o el cuadrado. Cuando un líquido cualquiera se vierte sobre una superficie, adopta una forma redondeada aunque no simule un punto perfecto. Cuando hacemos una marca, sea con color, con una sustancia dura o con un palo, concebimos ese elemento visual como un punto que pueda servir de referencia o como un marcador de espacio. Cualquier punto tiene una fuerza visual grande de atracción sobre el ojo, tanto si su existencia es natural como si ha sido colocado allí por el hombre con algún propósito.

Dos puntos constituyen una sólida herramienta para la medición del espacio en el entorno o en el desarrollo de cualquier clase de plan visual.

²²⁶ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²²⁷ DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Cuando los vemos, los puntos se conectan y por tanto son capaces de dirigir la mirada.

La línea puede definirse también como un punto en movimiento o como la historia del movimiento de un punto, pues cuando hacemos una marca continua o una línea, lo conseguimos colocando un marcador puntual sobre una superficie y moviéndolo a lo largo de una determinada trayectoria, de manera que la marca quede registrada....en las artes visuales, la línea, a causa de su naturaleza, tiene una enorme energía. Nunca es estática; es infatigable y el elemento visual por excelencia del boceto. Pero, a pesar de su gran flexibilidad y libertad, la línea no es vaga: al contrario, es precisa; tiene una dirección y un propósito, va a algún sitio, cumple algo definido. ...la línea puede adoptar formas muy distintas para expresar talentos muy diferentes. Puede ser muy inflexible e indisciplinada, como en los bocetos, para aprovechar su espontaneidad expresiva. Puede ser muy delicada, ondulada o audaz y burda, incluso en manos del mismo artista. Puede ser vacilante, indecisa, interrogante, cuando es simplemente una prueba visual en busca de un diseño. Puede ser también tan personal como un manuscrito adoptando la forma de curvas nerviosas, reflejo de la actividad inconsciente bajo la presión del pensamiento o como simple pasatiempo en momentos de hastío. Incluso en el formato frío y mecánico de los mapas, los planos de casas o de máquinas, la línea expresa la intención del diseñador o el artista y además sus sentimientos y emociones más personales y, lo que es más importante, su visión... ”

Tanto las líneas rectas como las curvas ofrecen diversos significados. Dentro del grupo de líneas rectas, podemos diferenciar las líneas horizontales, las líneas verticales y las líneas rectas oblicuas. Las líneas rectas horizontales hacen referencia al equilibrio de nuestro espacio de movimiento o suelo. Por lo tanto, estas representan la estabilidad y el equilibrio. Las líneas verticales coinciden con la dirección de la acción de la gravedad. Cualquier lineal vertical implica equilibrio y elevación ante esta fuerza. Por otro lado una línea oblicua se percibe como un elemento dinámico e inestable, ya que se aleja de los ejes de referencia horizontal y vertical.

Según la teoría de Einfuehlung o simpatía simbólica estos elementos tienen un significado claro. Bruno Zevi²²⁸ nos habla de ellos en Saber ver la Arquitectura;

“...la línea horizontal. Cuando “seguimos” por instinto mimético, la línea horizontal, nos damos cuenta de que expresa el sentido de lo inmanente, de lo racional, de lo intelectual. Es paralela a la tierra, sobre la que el hombre camina, por esto acompaña su andar, se desarrolla a la misma distancia del ojo y así no da lugar a ilusiones acerca de su longitud: su trayectoria siempre encuentra algún obstáculo que subraya su límite;

..la línea vertical. Es símbolo del infinito, del éxtasis, de la emoción. El hombre para seguirla, se detiene, alza los ojos hasta el cielo, abandona su directriz normal. La línea vertical se rompe en el cielo, se desvanece en él; nunca encuentra obstáculos ni límites, engaña acerca de su longitud, es, por esto, símbolo de lo sublime. Algunos autores distinguen entre la línea ascendente de una voluta que representa alegría, y la descendente que provoca tristeza;

..línea recta y línea curva. Las líneas rectas significan decisión, rigidez, fuerza. Las líneas curvas representan hesitación, flexibilidad o valores decorativos;

²²⁸ ZEVI, Bruno. 1963. *Saber ver la arquitectura*. (Buenos Aires: Editorial Poseidón)

...la helicoidal es el símbolo del ascender, del desprendimiento, de la liberación de la materia terrenal..."

Una línea curva dobla el espacio unidimensional, desarrollándose en un plano o en el espacio. Tiene un carácter de constante cambio, ya que va variando su dirección constantemente. En general, las curvas minimizan el cambio de dirección que las líneas sufren cuando intersectan en un vértice haciéndolos más estilizados, más agradables y menos bruscos. De la línea curva nos habla E. H. Gombrich²²⁹;

"...“línea de belleza”, la línea ondulante, procedía en último término de nuestra mente y nuestro ojo, ambos inquisitivos: “la línea serpenteante, con su ondulación y enrollamiento al mismo tiempo en diferentes sentidos, guía el ojo agradablemente a lo largo de la continuidad de su variable, si se me permite esta expresión; y, por su retorcimiento de tantas maneras diferentes, puede decirse que incluye (aunque sea una sola línea) diversos contenidos.” ...hemos visto que no podemos descartar la idea de Hogarth acerca de la búsqueda visual, aunque ya no atribuyamos esta búsqueda a movimientos seguidores del ojo. Cualquiera que sea la última causa, todos los observadores constatarán que la línea ondulante sugiere movimiento con mayor facilidad que una línea recta. Bien puede ser que la impresión proceda de la confluencia de varios factores. Uno de ellos es la fluctuación que experimentamos en toda configuración en la que figura y suelo estén debidamente equilibrados. Buscando similitudes, encontramos que cada protuberancia corresponde a la siguiente, pero también al pandeo negativo que deja en el otro lado. De hecho, al comparar las formas reflectantes a lo largo de su “eje de deslizamiento”, hemos de conmutar nuestra lectura de las formas positivas a las negativas. Lo que es parte de la “figura” en una lectura es parte del “terreno” en la siguiente, pero no hay real interrupción o confín que nos ayude a zanjar cualquier interpretación. Nuestro “detector de interrupciones” no se verá forzado como en un patrón violentamente intranquilo, pero difícilmente reposará...”

Una misma curva puede cambiar su significado en función del punto de vista que es observada. La dualidad concavidad-convexidad hace que puedan representar una deformación en el sentido de nuestra visión, hacia afuera (convexidad) representando una expansión, o puede representar una protuberancia, lóbulo o deformación en el sentido contrario a nuestra visión, es decir hacia nosotros (concavidad, representando una presión).

Por otro lado, una línea en el plano horizontal se recta o curva nos indica un recorrido en su sentido longitudinal, mientras una línea percibida perpendicularmente nos indica un límite.

El significado de las formas geométricas básicas y de ciertas figuras

Las figuras geométricas han sido simbolizadas a lo largo de la historia. Para Bruno Zevi el círculo da el sentido del equilibrio, del dominio, del control sobre todos los elementos de la vida, por otro lado la elipse desarrollándose en torno a dos centros, nunca permite reposar al ojo, lo hace móvil e inquieto. Por otro lado, Beryl Dhanjal²³⁰ comenta:

“los círculos son un potente símbolo de unidad cósmica, armonía, equilibrio, balance, el centro oculto y el punto de dimensiones eternas del espacio.

Los dibujos y adornos utilizados en los edificios musulmanes no son motivos simplemente decorativos; muestran un orden matemático y una armonía en el cosmos. Los círculos concéntricos y dibujos

²²⁹ GOMBRICH, E.H. 2004. *El sentido del orden*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate)

²³⁰ DHANJAL, Beryl. 2009. *Signos y símbolos*. (Madrid: Lisma Ediciones.S.L)

circulares no tienen ni principio ni final. Las bóvedas de las grandes mezquitas turcas destacan por las enormes e impresionantes cúpulas que simbolizan paz e infinito. El parlamento de la india, en Nueva Delhi, Sansad Bhavan, fue construido por los británicos entre 1912 y 1913. El techo está sujeto por 157 columnas de granito. El círculo es apropiado porque la rueda giratoria la promovió Mahatma Gandhi. La bandera de la india también refleja una rueda simbólica.

El círculo contiene ying y yang, cielo y tierra, la dualidad como concepto importante en la medicina y en la filosofía china. Yin y yang simboliza fuerzas contrarias y complementarias en el universo. El círculo está dividido por una línea curva, el lado negro simboliza la oscuridad y la mujer, el lado blanco la luz y el hombre. Cada mitad tiene un punto del color contrario a su fondo para indicar así que están equilibrados y son interdependientes, el equilibrio perfecto entre principios opuestos.

El yin y el yang proceden de la creencia taoísta basada en la unidad del hombre y el cosmos y la naturaleza complementaria de la energía representada en ellos...”

Adrian Frutiger²³¹ nos habla sobre la simbología de las figuras geométricas;

“...los tres signos elementales básicos, presentes en todas las regiones del mundo. El cuadrado significa las cuatro regiones, las cuatro estaciones, etc., a diferencia del círculo, que en sempiterno retorno comprende todo lo espiritual. El triángulo representa a su vez el intelecto creativo, la facultad, el principio activo (véanse las explicaciones pertinentes a estos signos elementales en la primera parte). ...la diagonal encierra el concepto de lo irracional; su longitud matemática no guarda relación alguna con los lados. De esa circunstancia los griegos infirieron que pertenece al mundo de lo oculto, de lo incomprensible...”

D.A. Dondis²³² nos habla sobre cuadrado;

”...el cuadrado es un buen ejemplo de campo que constituye una declaración visual positiva que expresa claramente su propia definición, su carácter y su cualidad.

...la introducción de un punto dentro del cuadrado o campo, pese a ser en sí mismo un elemento visual también sin complicaciones, establece una tensión visual y absorbe la atención visual del objeto alejándola en parte del cuadrado. Crea una secuencia de la visión que se denomina de visión positiva y negativa. La significancia de lo positivo y lo negativo en este contexto denota simplemente que hay elementos separados, pero unificados en todos los acontecimientos visuales.

...en otras palabras, lo que domina la mirada en la experiencia visual se considera elemento positivo, y elemento negativo aquello que actúa con mayor pasividad.

Los elementos más anchos parecen más cercanos a nosotros dentro del campo de la visión, sin embargo, la distancia relativa es más claramente perceptible utilizando la superposición. Los elementos luminosos sobre fondo oscuro parecen ensancharse y los elementos oscuros sobre fondo claro parecen contraerse...”

²³¹ FRUTIGER, Adrián. 2005. *Signos, Símbolos, Marcas y Señales*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili).

²³² DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Dentro de la infinitud de formas volumétricas nos centraremos en los volúmenes geométricos básicos. Según la teoría de Einfeldung o simpatía simbólica estos elementos tienen significado, lo comenta Bruno Zevi²³³ “*el cubo representa la integridad, porque todas sus dimensiones son iguales entre sí, inmediatamente comprensibles y dan al espectador el sentido de la certeza definitiva y segura; ...la esfera y, por tanto, las cúpulas semiesféricas representan la perfección, la ley final, conclusiva;...*”

Las proporciones geométricas en las diferentes figuras han representado una conexión con el universo, con lo divino, con la armonía perfecta. De hecho, la geometría y las proporciones las ha utilizado el hombre desde que ha sido consciente de estas. Rudolf Arnheim²³⁴ nos habla de las cualidades de la arquitectura clásica; “*...Las cualidades de la arquitectura clásica se deben primordialmente a factores distintos de las relaciones numéricas, y la expresión “buenas proporciones” denota la presencia de un objeto intermediario satisfactorio, más que la existencia de ciertas relaciones “armónicas”...*”

En el tema de la percepción que es lo que nos toca, nos damos cuenta que las proporciones geométricas sobre el plano las captamos al momento pero que pasa con las proporciones geométricas en el espacio, las captamos directamente o no las percibimos Christian Norberg-Schulz²³⁵ nos habla de este concepto;

“...El orden numérico se hace perceptible mediante la repetición de los motivos gestálticos. En los interiores de Brunelleschi reconocemos sin esfuerzo que el cuadrado y el semicírculo están utilizados por todas partes, aunque vemos todos los elementos simples bajo ángulos diferentes. Reconocemos los elementos gracias a su similitud general (constancia de forma) y percibimos espontáneamente el edificio como “suma” de figuras geométricas elementales. En San Andrés de Mantua, de Alberti, tanto el exterior como el interior están determinados por un “tema mural” pregnante, que varía proporcionalmente. El orden percibido no depende de que las relaciones sean exactamente 1/1 o 1/2, sino del reconocimiento del tema. Una vez ocurrido esto, podemos investigar analíticamente la organización y descubrir las relaciones subyacentes. Pero estas relaciones nunca se perciben como tales; más bien reconocemos las dimensiones como “similares”, “casi similares” o “completamente diferentes”.

Esto presupone que las relaciones se presentan como Gestalten visuales pregnantes. En la mayoría de los casos, las líneas invisibles que se supone determinan las proporciones deben rechazarse por ficticias. Esto no significa que queramos abolir por completo el número. Cuando experimentamos similaridades, la repetición de elementos iguales implica un orden numérico; pero el número interviene en la descripción como un elemento puramente secundario. El orden experimentado ha de entenderse como una Gestalt característica, de acuerdo con las investigaciones de Piaget²³⁶ “...”

Indagando sobre el mismo tema, Rasmussen²³⁷ se pregunta sobre la percepción de las proporciones;

“...pero podríamos preguntarnos: ¿experimenta el espectador realmente estas proporciones? La respuesta es sí: no las medidas exactas, pero sí la idea fundamental que subyace en ellas. La impresión que se tiene es la de una composición noble y sólidamente integrada, en la que cada habitación presenta una forma ideal dentro de un conjunto mayor. También se aprecia que existe una relación entre el tamaño de las habitaciones. Nada es trivial: todo es grandioso y unitario...”

²³³ ZEVI, Bruno. 1963. Saber ver la arquitectura. (Buenos Aires: Editorial Poseidón)

²³⁴ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

²³⁵ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²³⁶ PIAGET, Jean. 1995. *Seis estudios de psicología*. (Colombia: Editorial Labor, S.A)

²³⁷ RASMUSSEN, Steen Elier. 2007. *La experiencia de la arquitectura*. (Barcelona. Editorial Reverté)

Una de las proporciones que más llama la atención al hombre es el de la sección áurea;

“...quizás el más importante de estos aspectos trate de las relaciones de tamaño entre las formas visuales. Las proporciones que artistas y arquitectos juzgan de manera tan sensible no nos proporcionarían ningún patrón si sólo fueran cantidades mensurables y no portadoras de fuerzas. ¿Por qué, por ejemplo, es tan ampliamente considerada la sección áurea, para ciertos propósitos la proporción óptima entre dos extremos? La describimos como el equilibrio idóneo entre densidad y longitud de un rectángulo, pero, ¿por qué esta proporción determinada debe ser mejor que cualquier otra. Evidentemente porque una proporción que se aproxima a la simetría céntrica de un cuadrado no confiere ascendente en ninguna dirección y por tanto parece una masa estática; siempre que una diferencia demasiado grande en las dos dimensiones socava el equilibrio, la dimensión más larga es privada del contrapeso promocionado por la más corta. Una proporción que se aproxima a la sección áurea permite que la forma permanezca en su lugar mientras le concede una viva tensión inherente. Las palabras que empleamos para describir los factores determinantes indican que nos estamos enfrentando con una relación dinámica. El equilibrio es el contrapeso de las fuerzas; no tiene aplicación a la mera cantidad...”

A lo largo de la historia el hombre ha utilizado la proyectividad y la métrica, en cuanto a sus posibilidades para realizar sus obras. Con el conocimiento de las matemáticas y la geometría descubrió diferentes relaciones entre las partes o proporciones²³⁸. Las proporciones son de tipo geométrico (multiplicaciones y divisiones), de tipo aritmético (sumas y restas) y de tipo armónico (una mezcla entre geométricas y aritméticas). Las primeras proporciones aplicadas fueron la pitagóricas, es decir $1/1$, $1/\sqrt{2}$, $1/\sqrt{3}$, etc, con el descubrimiento de la Proporción de Oro (la sección aurea) $(\sqrt{5}+1)/2$ fue llevado al mundo de las construcciones de los hombres²³⁹.

Las proporciones han sido utilizadas por los Griegos y los Romanos, apareciendo en estas épocas los órdenes clásicos. Las proporciones fueron estudiadas por Vitruvio y aplicadas con maestría en el Renacimiento. Siempre están presentes en nuestra vida. Le Corbusier²⁴⁰ investigó y aplicó las proporciones en relación con el hombre mediante *El Modulor*. Las composiciones *neoplásticas* reintrodujeron la geometría, el peso del color y el equilibrio. Por otro lado en la cultura Oriental también utilizan sistemas de proporción, en concreto utilizan el método Ken.

Por otro lado, en diferentes culturas, existen multitud de figuras, ya sean geométricas o no que simbolizan diversos aspectos. Estos símbolos pueden atender a diferentes aspectos como religiosos, culturales, señales informativas o comerciales entre otros²⁴¹. Dado que podemos encontrar infinidad de figuras que se configuran como símbolos, mostramos en forma de ejemplo los que aparecen en la siguiente imagen (Figura 257).

²³⁸ CORBALAN, Fernando. 2010. *La proporción áurea*. (España: Ediciones RBA Coleccionables)

²³⁹ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2007. *Apuntes de proyectividad y métrica en arquitectura*. (Granada: Universidad de Granada)

²⁴⁰ BAKER, Geoffrey. H.1994. *Le Corbusier: Análisis de la forma*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²⁴¹ DHANJAL, Beryl. 2009. *Signos y símbolos*. (Madrid: Lisma Ediciones.S.L)



Figura 257

El movimiento como signo

No hace falta reconocer un objeto, para detectar o tener la sensación de movimiento. El movimiento se detecta a lo largo y ancho de nuestro campo visual, y como signo informador de los objetos que nos rodean nos dice cuando el objeto se encuentra en movimiento, es decir desplazándose (traslaciones), girando (rotaciones) o ambos movimientos a la vez.

Los signos que nos informan del movimiento son los que estudiamos al determinar las características de visión humana (5.3.1.6↔5.3.6↔5.4.3.2).

El movimiento es signo de variabilidad. Muchas formas y colores no son estables en el tiempo, se desplazan a lo largo de nuestra imagen visual y/o cambian según pasa el tiempo. El movimiento de un elemento sobre la imagen visual capta nuestra atención inmediatamente. El movimiento es un signo vital y esencial por ejemplo en el proceso de la caza del hombre en busca de alimento.

El movimiento también tiene significados simbólicos. Un elemento en movimiento se puede entender como dotado de vida, de energía, con las cualidades de ser mutable y efímero. De la misma forma, un objeto que no se mueve se puede entender con los significados opuestos, es decir como al inerte, sin energía, entendiéndose como algo estable y perdurable en el tiempo. La dualidad estabilidad-variabilidad observada desde el punto de vista conceptual se estudia de forma específica en (5.4.4.1).

5.4.3.3. Signos semidirectos

Los signos *semidirectos* o de segundo orden se han denominado así por que aparecen a partir de asociaciones de las informaciones que crean las sensaciones de primer orden o directos, es decir color, forma y movimiento. Sin embargo, son igualmente esenciales en la aportación de información sobre los objetos que nos rodean y sus cualidades de apariencia.

Las asociaciones pueden ser espaciales, o sea de la forma y del color en las dimensiones espaciales, como la asociación de textura o la asociación de unidad por proximidad, o por otro lado pueden ser temporales, es decir, la asociación de forma y color en el tiempo como es la asociación de movimiento.

Las agrupaciones perceptuales como signos: El caso especial de la Textura

Tal como vimos en (5.3.7.2), las asociaciones perceptuales que se definen a partir de los principios de la Gestalt crean sensaciones de unidad o agrupación, es decir varios elementos visuales son percibidos como una unidad sola. Para que se produzca esta asociación no hace falta reconocimiento, ni procesamiento mental ninguno, es decir actúan directamente, ayudándonos a configurar nuestra imagen visual. Una vez que aparecen estas agrupaciones, estas nos sirven como signos, ya que nos informan de diferentes cualidades de los objetos que nos rodean.

Estas agrupaciones nos pueden informar de cualidades estructurales o de cualidades superficiales de los objetos que observamos. Dentro, de todas las agrupaciones vamos a estudiar la significación de las que actúan con más actividad en nuestros procesos visuales.

Unidad por proximidad

La unidad por proximidad atiende al principio de proximidad, y como vimos tiende a asociar varios elementos en un solo elemento, aunque estos tengan cualidades de color y forma diversas. Este es el aspecto que más nos interesa, ya que cuando son semejantes entonces aparece la textura.

La agrupación puede establecerse de dos formas; porque los elementos se encuentran en contacto visual, o porque su proximidad es notable en relación a los otros objetos que aparecen en la imagen visual aunque no conecten visualmente entre ellos (Figura 258). Cuando visualmente están en contacto comparten alguna cualidad formal, es decir una delimitación o un vértice. Cuando no están en contacto el espacio que queda entre ellos tiende a unirlos, debido a la segregación que se produce respecto los restantes.



Figura 258

En este caso, la agrupación se establece como un signo estructural, ya que nos indica de cómo se configura el conjunto de forma global.

Unidad en la distancia

La sensación es la de continuidad de un mismo elemento, aunque se vea interrumpido en nuestra imagen visual. Por lo tanto, se entiende como un solo objeto del cual se ven separadas algunas partes en la imagen, debido a que se comparten ciertas cualidades visuales con las mismas características por semejanza, como se puede observar en la imagen (Figura 259).

Por lo tanto, se comparten unas cualidades en la distancia, pudiendo otras cualidades no ser semejantes. Las cualidades que se comparten son las responsables de otorgar la unidad y pueden ser tanto de color con sus relaciones de tono, croma y saturación o de forma como de delimitación, de tamaño o de direccionalidad (orientación).

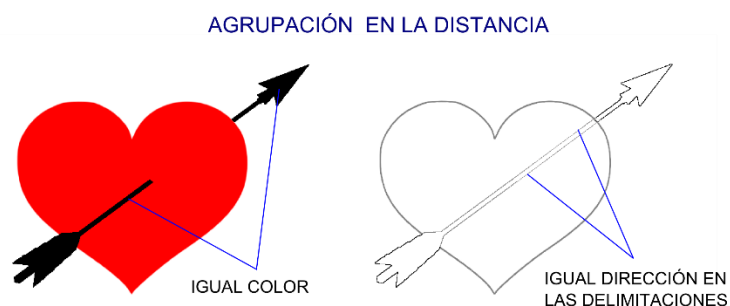


Figura 259

Este tipo de signo, también es estructural, ya que nos ayuda a entender cómo se configuran ciertos elementos en su globalidad.

Las Texturas visuales

Como vimos cuando existen una agrupación por semejanza y por proximidad, entonces está incrementa su potencia al establecer su unidad. Sí además el número de elementos semejantes es acusado entonces la asociación todavía es más fuerte, y la denominamos textura visual.

Jannello²⁴² define la textura visual como; “*vibration without movement*” of a “*conditioned space vibration*” para él la textura es un fenómeno perceptual fundado en la existencia de pequeños elementos que, yuxtapuestos en grupos, componen entidades (que puede ser lineales, superficiales, o volumétricas).

La textura es signo de cualidad superficial de los objetos. Por lo tanto, nos informa de cómo es la apariencia de estos y de la materialidad de estos.

Las texturas se pueden clasificar por su grado de uniformidad:

Grado de uniformidad

El grado de uniformidad en las repeticiones formales que aparecen en la superficie acentúa la fuerza con la que la unidad es agrupada. Cuando tenemos una repetición regular 100% uniforme (100% homogénea), la textura cobra su mayor fuerza, mientras que según se va reduciendo la uniformidad en la repetición va perdiendo fuerza la asociación. Una superficie con un 0% de regularidad e uniformidad textural, solo se percibe agrupada debido a la proximidad de sus elementos. En este caso estamos hablando de una No textura o de una superficie totalmente heterogénea. En general, hablamos de No textura a partir del momento en el cual se pierde la asociación por repetición de semejanza.

Por lo tanto, la apariencia superficial de los objetos se puede entender como una textura con su respectivo grado de uniformidad, sabiendo que en el caso de ser la uniformidad muy pequeña podemos estar ante una NO textura.

Jannello comenta ante este respecto que para que la heterogeneidad de estimulación pueda ser vista como una textura, es necesario cumplir con las ciertas condiciones de *regularidad*.

Tipos de texturas según el grado de uniformidad

Por lo tanto, las texturas se pueden clasificarse en función del grado de uniformidad (Figura 260) de la en tres grandes grupos:

²⁴² JANNELLO, César V. 1961. *Texture as a visual phenomenon*. (London: Architectural Design 33 (8)) Pág.394-396

- *Textura regular:* Repetición de las cualidades formales de modo uniforme, regular y homogéneo; $100\% \geq \text{regularidad} > 80\%$
- *Textura irregular:* Repetición con variación de la uniformidad. Algunas cualidades se repiten y otras no, o el grado de variabilidad entre ellas es acentuado; $80\% \geq \text{regularidad} > 20\%$.
- *No textura:* Según va aumentando el grado de desuniformidad los sentidos pueden no llegar a entender dichas formas y colores como un grupo homogéneo, en este caso la apariencia superficial se puede determinar cómo No textura; $20\% \geq \text{regularidad}$.

TIPOS DE TEXTURA SEGÚN SU REGULARIDAD



Figura 260

El grado de uniformidad se determina en función de la igualdad en la repetición formal, por lo tanto ira en función de la variación de las cualidades que definen una textura que veremos más adelante.

Clasificación de las texturas según su dimensionalidad

A parte de su regularidad, las texturas superficiales se pueden clasificar en función del tipo de superficie que representan²⁴³, en dos grandes grupos:

- Texturas relieve o Tridimensionales (3D)

Son aquellas que se desarrollan en las tres dimensiones del espacio, es decir a parte de ocupar el largo y alto de la superficie que conforman, tienen relieve, es decir varían la anchura o espesor de la superficie en su repetición. Dado que tienen relieve, se detectan también por el tacto. (Dependiendo de su dimensión los objetos grandes vistos de lejos, no son abarcables por el tacto)

Dentro de los diferentes tipos de relieve (Figura 261) podemos clasificarlos según la forma de estos:

- Ondulado (Agua)
- Granular (Lija)
- Puntiagudo (Lima)
- Fibroso (Pelo)
- Geométrico (Prismas), etc.
-

²⁴³ CAIVANO, José Luis. 1994. *Towards an order system for visual texture* (Argentina. Buenos Aires: and Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Reprinted from ELSEVIER. Languages of design 2 (1994) 59–84)



Figura 261

Las texturas con relieve crean sombras que afectan a la apariencia de la superficie. En general, las sombras oscurecen el color y por lo tanto crean nuevas delimitaciones sobre la superficie que al repetirse acentúan la asociación. Debido a las sombras, una textura tridimensional siempre tiene repetición de forma. La única forma de no percibirse es utilizar una iluminación que anule dichas sombras, algo que no suele suceder a menudo. Todas las superficies tienen relieve, sin embargo muchas no son captables por la visión humana, ni por el tacto. Por lo tanto, se perciben como planas y se incluyen en dicho grupo.

- Texturas planas o Bidimensionales (2D)

Son aquellas que se desarrollan en solo dos dimensiones del espacio, es decir el largo y alto de la superficie que conforman, por lo que no tienen relieve (Figura 262). Todas las superficies tienen al menos una textura superficial. Solo en superficies 100% transparentes o en 100% especulares no es percibida. Al no tener relieve, la textura no proyecta sombras por lo que si aparece alguna sombra es debido a otros objetos o alguna parte del mismo objeto arrojándola sobre esta. Cuando en la superficie del materia no aparece ninguna forma es configura como monocromática.



Figura 262

Las texturas planas se pueden clasificar en función de la regularidad de sus cualidades repetidas como hemos visto, siendo estas:

- Texturas con repetición de forma y color
 - o Con repetición de delimitaciones de diferentes tipos como:
 - Lineales
 - Tramadas
 - Puntos
 - Polígonos
 - Figuras complejas, etc

- Con repetición de degradados
- Con repetición mixta
- Texturas con repetición de forma pero NO de color
 - Con repetición de delimitación y variación de color
 - Con repetición de la estructura del degradado
- Texturas con repetición de Color pero NO* de forma (figura)
 - No de forma = No de figura, pero sí en la repetición de la celda
 - La proporción de color en la celda, es la que da el grado de uniformidad a este tipo de textura.
 - Proporción de color = tamaño = cualidad de forma
- No texturas (No repetición de forma, ni de color)
 - Tipos:
 - Cuando no hay repetición en la superficie (no asociación), se puede entender de dos formas:
 - Composición al azar
 - Sin intención
 - Debida a causas naturales heterogéneas o dejadas al azar
 - Representación
 - Con intención
 - Suelen ser Artificiales
 - Tipos
 - Figurativa
 - Abstracta

Texturas abstractas y texturas figurativas

La repetición de forma no implica que estas tengan que ser abstractas. Las figuras pueden ser significativas con lo que la textura agranda su nivel de interpretación perceptual. De igual forma, la imagen de estas figuras puede ser una representación real como fotografías o dibujos realistas o pueden ser representaciones esquematizadas o dibujos sencillos (Figura 263).



Figura 263

Textura dentro de una textura.

Una textura puede tener una dimensionalidad múltiple o fractal, es decir estar conformada por varios niveles o escalas. Por ejemplo, una textura se puede formar por la asociación visual de unos elementos que están formados a su vez por otras texturas, es decir una textura dentro de una textura o una textura al repetirse puede crear por asociación la misma figura pero con cambio de escala, es decir una textura fractal. Ejemplos también, los podemos encontrar en la naturaleza y en nuestro entorno (Figura 264).

EJEMPLOS DE TEXTURAS DENTRO DE OTRAS TEXTURAS



Figura 264

La textura en la distancia

Cuando observamos una textura en la distancia, puede ocurrir lo mismo que con la visión del color, llega un momento en el que aparece una mezcla óptica y la textura se convierte en una superficie monocromática como demostraremos en el transcurso de esta investigación. Esto ocurre en el momento en el que estamos tan lejos, que no podemos discernir la forma, ni el contraste de las figuras con su fondo (Figura 265). Es lo que denominaremos la pérdida del peso relativo, referente al peso visual.

EJEMPLOS DE TEXTURAS EN LA DISTANCIA

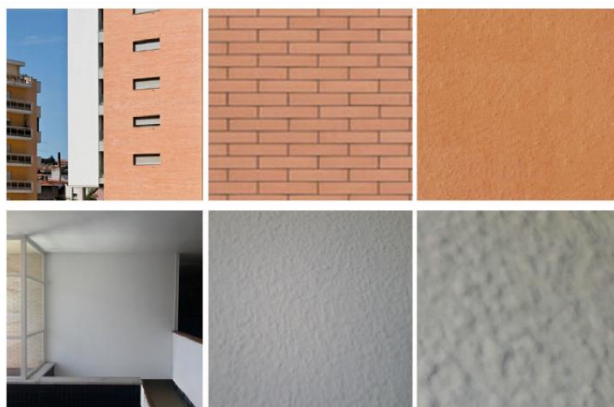


Figura 265

Jannello²⁴⁴ determina los límites que definen el tamaño de los elementos que forman las texturas de la siguiente forma: Establece el límite mínimo de tamaño de una textura en función del poder de resolución del ojo humano, que permite la diferenciación de elementos menores del orden de 1.5mm a 5m la distancia, que corresponde a un ángulo visual de 1' (un minuto), es decir $Visual\ acuity = 10/10$. Y por otro lado, define el límite máximo de tamaño dependiendo de la relación entre el tamaño del cuerpo de textura y el tamaño de cada una de las unidades texturales, recordando que cuanto mayor es la regularidad, mayor será la textura global que tiende a ser percibida.

Textura en movimiento.

Por otro lado también, podemos encontrarnos con texturas en movimiento. En este caso, entra en acción la sensación básica del movimiento. Por lo tanto, se activa cuando se repiten las formas y estas se mueven de forma repetida en el transcurso temporal. Lo normal es que el movimiento de formas sea también semejante, lo que crea todavía más efecto perceptual de agrupamiento. Ejemplos los podemos encontrar en objetos artificiales, animales o elementos naturales que se mueven de forma agrupada (Figura 266).

²⁴⁴ JANNELLO, César V. 1961. *Texture as a visual phenomenon*. (London: Architectural Design 33 (8)) Pág.394-396

EJEMPLO DE UNA TEXTURA EN MOVIMIENTO

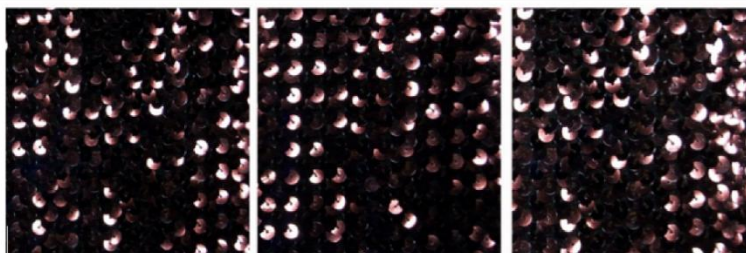


Figura 266

La perturbación en la textura

Dentro de las irregularidades que puede presentar una textura podemos encontrar perturbaciones o anomalías (Figura 267). Según Wucius Wong²⁴⁵; *“La anomalía es la presencia de una irregularidad en un diseño en el cual aún prevalece la regularidad. Marca cierto grado de desviación de la conformidad general, lo que resulta en una interrupción, leve o considerable, de la disciplina total. A veces la anomalía es sólo un elemento singular dentro de una organización uniforme”*.

Para este autor, la perturbación en una composición debe tener un propósito definido, por ejemplo: Atraer la atención, Aliviar la monotonía, Transformar la regularidad, Quebrar la regularidad, etc.

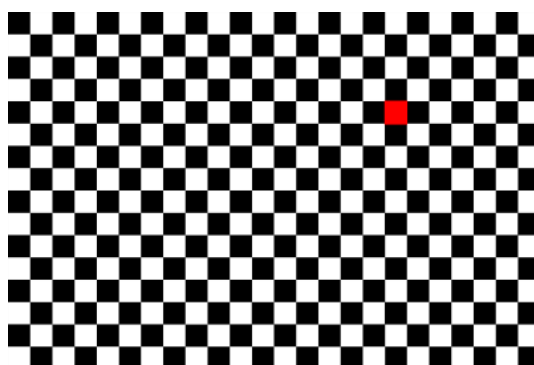


Figura 267

La textura como signo

La textura nos muestra la superficie de un objeto tridimensional o plano, definiendo sus cualidades formales y de color.

Con la textura podemos determinar el material del que está compuesto un material, así como la factura o tratamientos superficiales que ha sufrido (Figura 268). Dado que la configuración macroscópica de la mayoría de los materiales no es homogénea (5.1.2.9) esta solemos captarla a través de su textura superficial. Cuando la estructura macroscópica es totalmente homogénea entonces las superficies planas se nos muestran sin textura, es decir sin son opacos nos muestran su color de forma monocromática. Cuando el material es compuesto, es decir tiene una matriz y una o varias fases dispersa entonces la textura suele hacerse más notable por el contraste que aparece entre estos.

²⁴⁵ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

DIFERENTES TEXTURAS, ACABADOS Y FACTURAS EN LA MADERA



Figura 268

Mediante el procesamiento perceptual del reconocimiento podemos determinar el material del que está compuesto y nuestra valoración perceptiva ante este. La mayoría de materiales de imitación se basan en imitar la textura visual del material real, transmitir las mismas sensaciones visuales y provocar un reconocimiento erróneo.

La Textura como signo indirecto

La textura también puede crearse a partir de signos Cesía²⁴⁶, al repetirse de forma homogénea a lo largo de una superficie, es decir en este caso se conformaría como signo indirecto, y nos informaría de materiales compuestos donde la matriz posee unas cualidades, la fase dispersa otras diferentes y alguna de ellas tiene cualidades Cesía.

5.4.3.4. Signos indirectos

Se han denominado *indirectos* o de tercer orden por que aparecen a partir de la determinación de las sensaciones que nos aportan los signos de primer y segundo orden asociadas a un reconocimiento perceptual. Por lo tanto se necesita de procesos de reconocimiento previos para que se conviertan en signos.

Entonces, por ejemplo, el brillo y la transparencia no son sensaciones, son percepciones, ya que para detectarlos es necesario la detección de otros signos, como el color blanco del brillo, o el color y la forma de lo que queda detrás de lo transparente. De esta forma, estos signos se configuran como características de los diferentes tipos de materiales y por lo tanto nos aportan información sobre los objetos que nos rodean y sobretodo de sus cualidades de apariencia.

Por otro lado, en torno a estos signos Ludwig Wittgenstein²⁴⁷ hace gran cantidad de observaciones en torno a este tipo de signos, por ejemplo, este autor nos muestra que la aparición de estos signos requiere de la percepción de profundidad; *“La transparencia y los reflejos existen solo en la dimensión de la profundidad de una imagen visual”*.

Las Cesías

Cuando la luz incide en un material este puede responder de diferentes formas de interacción como por ejemplo: opacidad, translucidez, transparencia, brillo, mate, reflexión, fluorescente, etc. Estos signos son los que denominamos Cesías. Por lo tanto, cuando hablamos de luz en este contexto nos referimos exclusivamente a cómo actúa el material cuando esta luz incide sobre él.

²⁴⁶ CAIVANO, José Luis. 2007. *Cesía: Its Relation to Color in Terms of the Trichromatic Theory* (Gottingen. Zurich: Die Farbe Zeitschrift Für Alle Zweige Der Farbenlehre Und Ihre Anwendung Organ Des Normenausschusses Farbe (Fnf) Din)

²⁴⁷ WITTGENSTEIN, Ludwig. 1994. *Observaciones sobre colores*. (Barcelona: Editorial Paidós Estética). Pag.5

Cada una de estas interacciones se nos muestra como un signo visual y nos informa de las cualidades visuales de la superficie y del material que forma el objeto. De la misma forma, que existen múltiples formas de interacción luz-materia, existen Cesías muy diversas.

Caivano²⁴⁸ ha desarrollado un espacio de orden de la Cesía, de la misma forma que existen sistemas espaciales para los colores y para las formas. En este sistema las cesías se agrupan atendiendo a cuatro polos que atienden a interacciones luz-materia elementales en relación con el polo que atiende a la absorción total. Los cuatro polos coplanarios que pertenecen a la misma superficie curva se establecen como; reflexión difusa (mate), reflexión regular (especular), transmisión regular (transparencia) y transmisión difusa (translucidez), y todos ellos se relacionan con otro polo que hace referencia a la absorción total (oscuridad total) (Figura 269).

MODELO DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE LAS CESÍAS SEGÚN CAIVANO

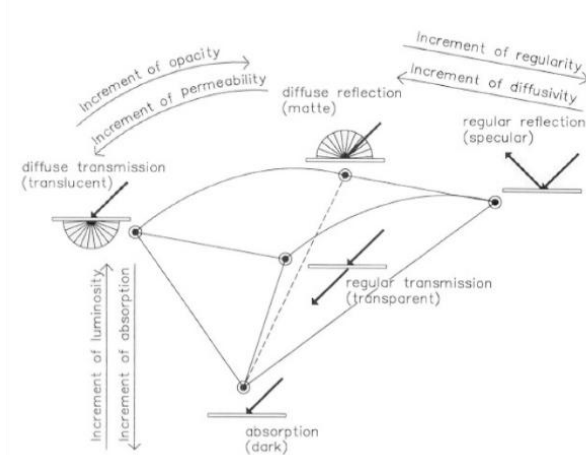


Figura 269

En torno a las relaciones entre estos polos, tenemos la oposición entre opaco y transparente, mientras que por otro lado tenemos la oposición entre nítido y difuso. Estas cuatro clases, combinadas de a dos, se relacionan concretamente con lo que Caivano define como las cuatro sensaciones elementales de cesía. Caivano las considera sensaciones, pero nosotros no, dado que requieren un procesamiento perceptivo, por lo tanto nosotros las vamos a llamar percepciones.

Los polos opaco-nítido se corresponden con la percepción de la apariencia espejada. Los polos opaco-difuso se corresponden con la percepción de apariencia mate. Los polos transparente-nítido se corresponde con la percepción de transparencia propiamente dicha (que podríamos llamar apariencia cristalina). Mientras, que los polos transparente-difuso se corresponde con la percepción de translucencia.

Por otro lado, se encuentran crenado el volumen tridimensional la relaciones al eje referido a la luminosidad, o su opuesta, la oscuridad y las sensaciones de claridad y negrura. Este eje se complementa con los anteriores, y así se completa el sistema tridimensional que organiza las sensaciones visuales de cesía, tal y como se muestra en la imagen (Figura 265).

²⁴⁸ CAIVANO, José Luis. 2011. *Color and cesia: The interaction of light and color*, (AIC 2011 Interaction of Colour and Light, Proceedings of the Midterm Meeting of the International Color Association, ed. V. M. Schindler y S. Cuber, CD-ROM (Zurich: pro/colore, ISBN 978-3-033-02929-3), págs. 225-228)

Si atendemos a las polaridades duales Cesía, mate-especularidad (escala del brillo) y opacidad-transparencia (escala de la translucidez) en la misma línea de acción como el blanco, el gris y el negro en la luminosidad, donde el blanco y el negro son los polos, y entre medias nos queda toda la gama de grises tenemos;

Mate, brillo y especularidad

Decimos que un objeto es mate cuando toda la luz visible que nos proviene de él es por reflexión difusa, o sea, nos muestra su propio color. Sin embargo, existen materiales que reflejan parte o dicho de otra forma, un tanto por ciento de la luz que les llega de forma especular. Esta luz reflejada de forma especular es lo que denominamos brillo. En el esquema cesía, el brillo tiene su máximo valor en el polo de reflexión regular (especular) y sus valores mínimos en los polos opuestos. Cuando la superficie del objeto refleja la mayor parte de la luz de forma especular entonces la denominamos espejo.

Podemos enumerar una serie de cualidades sensoriales y perceptivas de las superficies especulares, ya que tienen una serie de características que detectamos como signos en nuestra imagen visual:

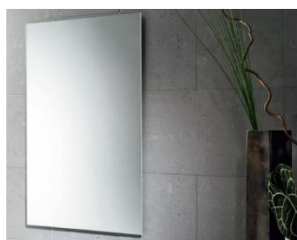
Nos deslumbra un brillo cuando la reflexión especular que nos llega es de una fuente emisora de luz (Figura 270a). Se produce especularidad al reflejar de forma la luz reflejada por otros objetos de forma difusa como podemos comprobar en los espejos, ampliándose de esta forma la sensación espacial (Figura 270b). El espacio reflejado se ve de forma simétrica (Figura 270c).



Figura 270

La figura del objeto especular aparece por delimitación por contraste con el fondo y de igual forma los encuentros de sus superficies se conforman como aristas por delimitación (Figura 271a). Solo detectamos su superficie debido a imperfecciones, roturas, suciedad o alguna marca sobre esta. Las cuales nos reflejan luz por difusión. Los límites del objeto suelen crear marcos que al ser reconocidos también nos informan de la existencia de dichos objetos (Figura 271b). En entornos simétricos, podemos tener dudas sobre su existencia, dado que el fondo adquiere la misma configuración que la zona posterior que reflejaría un espejo (Figura 271c)

EL RECONOCIMIENTO DE LOS OBJETOS ESPECULARES Y LOS ESPEJOS



LA DELIMITACIÓN Y EL CONTRASTE ENTRE FIGURA Y FONDO COMO SIGNOS DE RECONOCIMIENTO DE UN ESPEJO



LOS SIGNOS DE MARCO Y SUCIEDAD COMO ELEMENTOS DE REFERENCIA EN EL RECONOCIMIENTO DE UN ESPEJO



EL FALSO RECONOCIMIENTO DE LA ESPECULARIDAD

Figura 271

La imagen reflejada es dinámica, según nos movemos la imagen reflejada va cambiando. Por lo tanto, lo identificamos cuando vemos que la superficie de un material muestra una imagen simétrica que varía de forma continua en consonancia con nuestros movimientos (Figura 272).

LA VARIABILIDAD DE LA ESPECULARIDAD



UN MISMO PUNTO DE UNA SUPERFICIE ESPECULAR SE MUESTRA TOTALMENTE VARIABLE AL REFLEJAR DIFERENTES COLORES CON EL MOVIMIENTO

Figura 272

Una superficie especular curva deforma la imagen reflejada. Por lo tanto, cuando nos encontramos ante una imagen desproporcionada inferimos que nos encontramos ante una superficie especular curva.

También, podemos encontrarnos con objetos con superficies de reflexión mixta, es decir, que reflejan parte de la luz de forma difusa y parte de forma especular, por lo tanto estos no se encuentran en un vértice o polo del solido cesía sino que se encuentran en un punto interior (Figura 273).

REFLEXIÓN ESPECULAR Y MIXTA EN SUPERFICIES CURVAS



Figura 273

En el caso de superficies mixtas brillantes, donde existe un tanto por ciento de reflexión especular y un tanto por ciento de reflexión difusa, es más fácil su detección, ya que la difusión les ayuda en gran medida en los procesos de reconocimiento. Sin embargo, la parte especular aporta a sus cualidades de apariencia una gran variabilidad.

Opacidad, translucidez y la transparencia.

No todos los objetos son opacos, hay algunos que dejan pasar la luz a través de ellos en mayor o menor medida. Al igual que en el caso del brillo, la transmisión de luz puede variar desde la nula transmisión que es caso de la opacidez, hasta el caso de la transmisión regular total donde encontraríamos un objeto transparente perfecto.

La transmisión puede ser regular donde la luz se transmite de la misma forma en la que llega o transmisión difusa donde la luz pasa pero es desviada y difundida en diversas direcciones. En el primer caso, la imagen es continua y podemos ver a través de la superficie del objeto, o sea es transparente, en el segundo lugar la imagen se distorsiona al pasar a través del objeto y no podemos distinguir o reconocer las figuras y objetos que quedan detrás de este, o sea es translucido. En el caso de existir un tanto por ciento de transmisión y un tanto por ciento de reflexión entonces también nos encontramos ante superficies de interacción compuesta (5.2.2).

Las cualidades de una superficie transparente tienen una serie de características paralelas pero no iguales que las de una superficie especular. La figura del objeto aparece por delimitación por contraste con el fondo debido a que suele llevar un marco, signo de gran información a la hora de detectar objetos formados con vidrios planos. En el caso de no existir marco, podemos equivocarnos y tener dudas sobre su existencia, ya que la imagen de fondo se transmite en su totalidad y algunas veces el espesor de la superficie al encontrarse de forma perpendicular no se detecta (5.4.3.4↔6.2.12).

SIGNOS EN LA TRANSLUCIDEZ Y LA TRANSPARENCIA

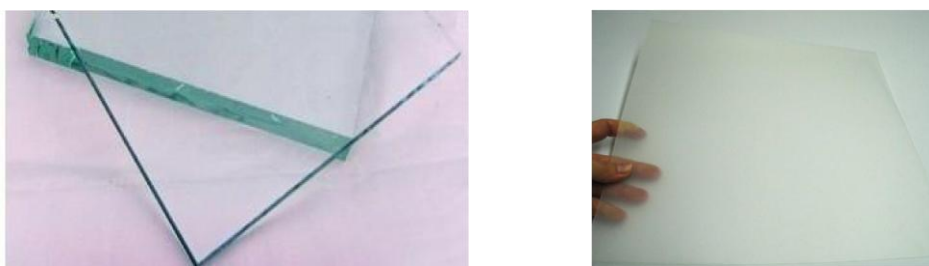


Figura 274

La superficie transmite la luz (Figura 274) del entorno que queda detrás de esta. Por lo tanto, distinguimos estas superficies porque reconocemos los objetos (formas, colores y el resto de cualidades) que quedan detrás de este. De la misma forma que en los espejos, detectamos la superficie transparente debido a sus bordes, marcos, imperfecciones, roturas, suciedad o alguna marca sobre esta, las cuales nos reflejan luz por difusión.

La imagen transmitida es dinámica, según nos movemos la imagen transmitida de fondo va cambiando. Lo identificamos cuando vemos que la imagen varía de forma continua en consonancia con nuestros movimientos de la misma forma que si no hubiera un material entre medias (Figura 275).

LA VARIABILIDAD DE LA TRANSPARENCIA



UN MISMO PUNTO DE UNA SUPERFICIE TRANSPARENTE SE MUESTRA TOTALMENTE VARIABLE AL MOSTRAR DIFERENTES COLORES CON EL MOVIMIENTO

Figura 275

Una superficie transmisora curva deforma la imagen transmitida. Al encontrarnos ante una imagen desproporcionada nos informa de la posibilidad de estar ante una superficie especular curva. En el caso de superficies translucidas o translucidas mixtas son más fáciles de reconocer ya que al distorsionarse la imagen transmitida se hacen menos ambiguas (Figura 276).



Figura 276

En el caso de superficies mixtas transparentes, donde existe un tanto por ciento de transmisión regular y un tanto por ciento de reflexión especular como las láminas de vidrio común, nos es también más fácil su detección, ya que la especularidad suele aportar una reflexión sobre la superficie que crea un contraste con la imagen transparente, ayudando en gran medida en los procesos de reconocimiento. Sin embargo, las dos partes aportan a sus cualidades de apariencia una gran variabilidad debido a sus cualidades dinámicas.

Existen materiales de interacción compuesta con reflexión mixta, es decir, que tienen un tanto por ciento de reflexión difusa, un tanto por ciento de reflexión especular y un tanto por cierto de transmisión. Como es el caso de ciertos vidrios coloreados.

Los objetos que transmiten la luz de forma difusa suelen tener su superficie rugosa, mientras que los objetos que transmiten la luz de forma regular suelen tener sus superficies lisas y pulidas.

El significado de las cesías

El brillo y la especularidad dan energía positiva al material. Lo convierten en reflector total de luz, lo contrario que la oscuridad, la sombra o lo negro. La especularidad en superficies planas nos informa de algo tratado, pulido, es decir de tecnología y sofisticación. En superficies curvas aparece un brillo, que se acentúa en la parte donde se refleja el foco emisor, aportando luminosidad y suavidad. La reflexión regular o especularidad implica la mimesis. Un material reflectante como un espejo o como el agua lo que hace es camuflarse en el entorno al reflejarlo y esconder su interior. Por lo tanto, la especularidad es símbolo también de la copia y el camuflaje. Según nos movemos el brillo se hace variable, ofreciendo significados de variabilidad. Cuando no existe brillo, es decir cuando el objeto es mate, pierde su variabilidad y se vuelve estatico.

Por otro lado, según aumenta el índice de transparencia y translucidez, el material va perdiendo densidad. En este caso, la transparencia se encuentra en un polo y la opacidad en el otro, mientras que la translucidez puede tener diversos grados como en el caso de los grises. Un objeto totalmente transparente se nos representa como que no tiene densidad, y por lo tanto peso, representando la levedad. Mientras que un objeto con ninguna transparencia, es decir con total opacidad, se nos muestra con su densidad máxima, de esta forma la opacidad confiere peso. La opacidad es signo de densidad, ya que no podemos ver lo que queda detrás porque el material y no lo permite, al ser denso.

5.4.3.5. Los objetos en la imagen visual: La escena

Como hemos visto, los signos visuales nos informan de la apariencia de los objetos materiales y nos permiten reconocerlos e interactuar con ellos. Nuestro entorno está lleno de estos objetos, que al igual que nuestras percepciones son construcciones mentales que nos permiten relacionarnos con el medio natural y socialmente. El conjunto de objetos que conforman nuestro entorno se denomina escenario, y lo que vemos en el a través de nuestra imagen visual lo denominamos escena.

La configuración mental de objeto

Como vimos en (5.1.2.7↔5.4.3.5) un objeto es una construcción mental que hace referencia a una materialidad y que se estructura en niveles. Partiendo de los objetos básicos o elementales (1^{er} Nivel) que están compuestos por una solo material, sin partes, ni uniones. La forma en la que interactúa físicamente con su entorno o resto de los objetos que le rodea define sus relaciones externas. Cuando varios de estos elementos interactúan creando otro objeto, entonces este se denomina de segundo nivel y las relaciones externas que los enlazan ahora se convierten en interacciones. De esta forma, los objetos de 2^{do} nivel pueden crear uno de tercer nivel y así de forma sucesiva (Figura 277).

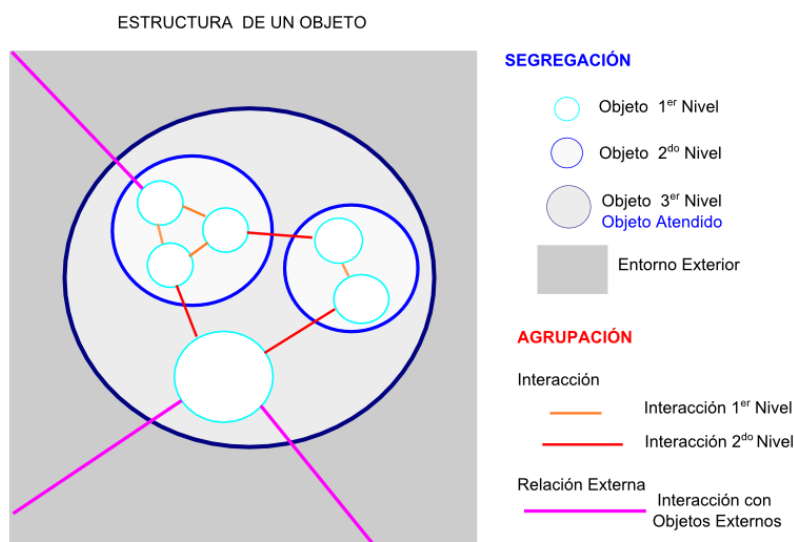


Figura 277

Si ponemos un ejemplo con un dibujo (Figura 278), en primer lugar podemos encontrar una serie de círculos de color verde formando los objetos de 1^{er} nivel (hojas), estas hojas se pueden agrupar por interacción en otro objeto de 2^{do} nivel (copa; conjunto de todas las hojas de un árbol), en este caso la agrupación es por semejanza y proximidad, formando por lo tanto una textura. El conjunto de hojas conecta con otro conjunto de trazos marrones agrupado (el tronco y las ramas), que junto su conexión a otro conjunto de trazos verdes (el suelo) forman otro conjunto visual de nivel superior que (árbol). Un conjunto de estos árboles crea una arboleda, un conjunto de arboledas crea un bosque y así sucesivamente.

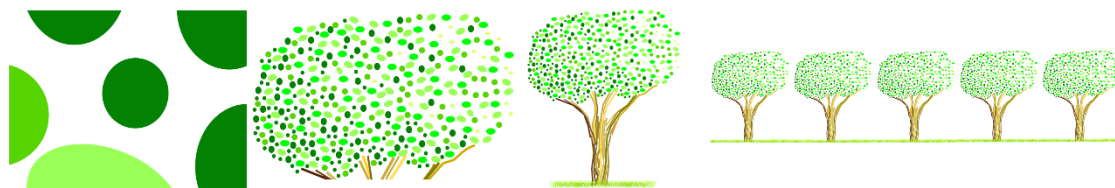


Figura 278

Cuando el objeto es compuesto, ciertas distribuciones de color son asociadas y ciertas son discriminadas del resto de la imagen. De hecho, para que varios objetos visibles formen otro de nivel superior no es necesario que estén unidos visualmente, deben compartir por un lado, la misma dimensionalidad y espacio físico, y por otro, deben estar interaccionados o ligados de alguna forma perceptual y/o funcional.

Melau-Ponty²⁴⁹ al hablar del objeto, comenta;

“Nuestra percepción remata en unos objetos, y el objeto, una vez constituido, se revela como razón de todas las experiencias que del mismo hemos tenido o podríamos tener.

Toda visión de un objeto por mí se reitera instantáneamente entre todos los objetos del mundo que son captados como coexistentes porque cada uno es todo lo que los demás “ven” de él.

La definición del objeto es, según vimos, de que existen partes extra partes, y, por lo tanto, no admite entre sus partes, o entre él y los demás objetos, más que relaciones exteriores y mecánicas, ora en el sentido estricto de un movimiento recibido y transmitido, ora en el sentido lato de un relación de función a variable”

5.4.3.6. La escena en la imagen visual

Las escenas en general se definen en función de la posición del observador respecto del espacio que le rodea. Según esta clasificación las escenas pueden ser exteriores cuando el observador se encuentra en un espacio a cielo abierto, pueden ser interiores cuando el observador se encuentra en un espacio cerrado o pueden ser parciales, cuando incluyen parte de la escena en interior y parte de la escena pertenece al exterior.

Regiones en la escena visual

En toda escena o imagen visual del entorno podemos distinguir los diferentes objetos debido a que se encuentran localizados en diferentes regiones de esta. Estudios recientes como los desarrollados por Gokalp y Aksoy²⁵⁰ o por Pawan y Koller²⁵¹ trabajan sobre la detección de regiones en la escena, mediante inteligencia artificial, usando algoritmos. Entre estos avances encontramos investigaciones que trabajan con regiones de “bolsas” que se definen por las cualidades visuales de color y la textura de la imagen, y otros que trabajan con en la selección de regiones energéticas. Pasamos a describir como se están desarrollando estos avances.

²⁴⁹ MERLEAU-PONTY, Maurice. 1994. *Fenomenología de la percepción*. (Barcelona: Planeta de Agostini)

²⁵⁰ GOKALP, Demir; AKSOY, Selim. 2007. *Scene Classification Using Bag-of-Regions Representation* (Turkey, Ankara: Department of Computer Engineering, Bilkent University)

²⁵¹ PAWAN, M; KOLLER, D. 2010. *Efficiently Selecting Regions for Scene Understanding*. (Stanford: Computer Science Department Stanford University)

Selección de regiones eficientes en la interpretación de escenas

Recientes avances en el entendimiento de la escena han destacado la importancia de usar regiones para dar razón a la estructura de la escena de alto nivel. Normalmente, las regiones son seleccionadas de antemano y posteriormente se define sobre ellos una función de energía. Este proceso de dos pasos sufre de las siguientes deficiencias: Primero, las regiones pueden no corresponderse en las delimitaciones de las entidades de la escena, por lo tanto pueden introducir errores, y segundo, como las regiones son obtenidas sin ningún conocimiento de función de energía, pueden no ser adecuadas para la tarea a mano. Por lo tanto, estas investigaciones tratan estos problemas diseñando una aproximación eficiente para obtener el mejor conjunto de regiones en términos de funciones de energía de estos. Cada repetición de nuestro algoritmo selecciona regiones de un gran diccionario mediante la solución de un preciso programa lineal que trabaja vía una descomposición dual. El diccionario de regiones es construido por mezcla e intersección de segmentos múltiples obtenidos sobre segmentaciones del tipo *bottom-up*.

Clasificación de la escena usando representaciones de "bolsas de regiones"

Esta clasificación estudia las escenas exteriores en varias fases. Primero, las imágenes se dividen en regiones usando la clasificación *one-class* (clase-uno) y los algoritmos de agrupación *patch-based* (basado-parche), donde los clasificadores *one-class* modelan las regiones de color y con propiedades texturales uniformes, mientras que la agrupación de parches permite detectar estructuras en las regiones sobrantes. Luego, las regiones resultantes se agrupan para obtener un libro de códigos con los tipos de regiones existentes, y de esta forma, se construyen dos modelos para la representación de la escena: una "bolsa de regiones individuales", que es una representación donde cada región es considerada separada del resto, y una "bolsa de pares de regiones", que es una representación donde las regiones con una particular relación espacial se consideran enlazadas. Por último, usando clasificadores *Bayesian*, es decir clasificadores probabilísticos fundamentados en el teorema de *Bayes*, se determina la clasificación de la escena con estas representaciones.

Elementos básicos de una escena exterior

En un primer lugar, en toda escena exterior podemos encontrar dos regiones básicas como son el cielo y el suelo, a no ser que estuviéramos ante una escena cero (Figura 279). Una escena cero es una escena donde no podemos distinguir la diferencia entre estas regiones debido a ciertas condiciones atmosféricas o lumínicas. Un ejemplo lo podemos encontrar cuando una niebla espesa inunda toda la escena y no podemos distinguir nada. Otra escena cero, se puede observar en ciertas ocasiones en el mar cuando la línea que separa este del cielo queda difuminada por no aparecer contraste entre ellas, desapareciendo la línea de tierra por tanto.

Se denomina línea de tierra a la delimitación visual que aparece entre el cielo y la tierra (corteza terrestre), cuando no hay otros objetos que se superpongan (Figura 279). Por la región del suelo se entiende el límite de la corteza terrestre en la profundidad, por lo que puede entenderse el mar. En el caso de un escenario donde la topografía sea muy pronunciada, la línea de tierra no se suele ver debido a que estos elementos tapan la visión de la lejanía. Por lo tanto, en cualquier escena mínima donde aparezcan solamente los dos elementos básicos, es decir suelo y cielo, entonces el límite entre ambos se definirá como la línea de tierra. Veamos o no la línea de tierra, se configura como referencia de nuestra horizontalidad en escenarios exteriores.



Figura 279

Cuando aparecen objetos que tapan la línea de tierra, sobreponiéndose al crear una nueva delimitación con el cielo denominada skyline. Por lo tanto, el skyline es la delimitación que aparece entre los objetos de la escena contrastan con el cielo de fondo. El skyline nunca quedará bajo la línea de tierra, esto solo aparecerá por una ilusión óptica o reflexión.

Por otro lado, la imagen visual de la escena utiliza referencias para establecerse. Este tema lo tratamos cuando se determinaron las cualidades de la visión humana (5.1.3↔5.3.1↔5.4.3.6). No obstante a nivel de ejemplo incluimos otro grafico (Figura 280) donde además aparecen los elementos visuales básicos que aparecen en toda escena exterior.

Por otro lado, en función del punto de vista o perspectiva las regiones de referencia pueden estar situados en diferentes niveles respecto de la imagen visual.

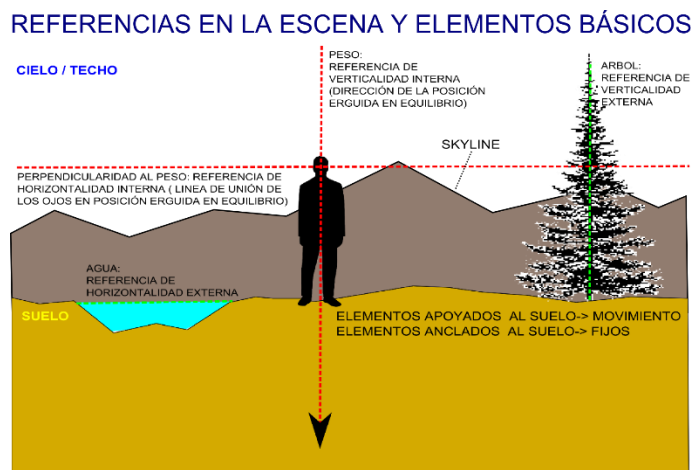


Figura 280

En los escenarios exteriores podemos encontrarnos con multitud de regiones creando suelos tanto naturales como artificiales, con infinidad de apariencias (Figura 281). Ejemplos de naturales pueden ser los tonos claros y amarillos de la arena del desierto, los rojos, ocre y otros colores que ofrecen las diferentes tierras, los grises rocosos, los verdes de las hierbas, los azules de agua o el blanco de la nieve. En cuanto a las posibilidades de suelos artificiales, las posibilidades se disparan, aunque es muy usual encontrarnos con suelos realizados con materiales pétreos.

DIFERENTES TIPOS DE SUELOS



Figura 281

En cuanto a la diversidad de los cielos pasa lo mismo, podemos encontrar infinidad de cielos en función de las condiciones climatológicas que predominen en cada momento y de la hora del día que sea; si es de día, si es de noche, etc. Cada situación diferente ofrece una apariencia característica al cielo (Figura 282).

DIFERENTES TIPOS DE CIELOS



Figura 282

A parte de los elementos básicos los escenarios suelen estar conformados por multitud de objetos. Estos pueden ser también naturales o artificiales. Dentro de los naturales podemos encontrarnos con seres vivos como personas, animales y todo tipo de vegetales, y objetos inertes como montañas, tierras, lagos, rocas, etc. Dentro de los artificiales, podemos encontrarnos fijos y móviles. Móviles como cualquier aparato de cualquier medio de transporte y fijos como cualquier edificación o elemento de urbanización.

Tanto dentro de una escena en la naturaleza como en un entorno urbano, encontramos los diferentes niveles objetuales (Figura 283). Por ejemplo, en la naturaleza nos encontramos con los niveles de objetos básicos que pueden establecerse por nuestro límite visible, por ejemplo el que establecen los granos de arena. Dentro de la escena artificial podemos encontrarnos con objetos básicos como por ejemplo un tornillo.

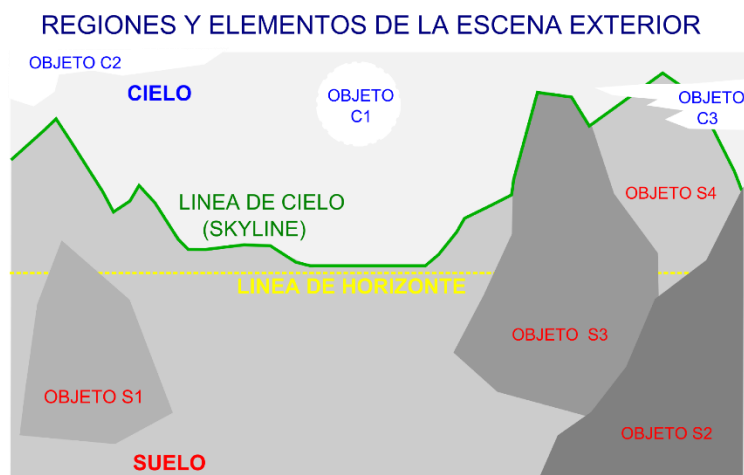


Figura 283

En general, la relación visual entre los objetos hace que unos se vayan traslapando o superponiendo a otros de tal forma que solo vemos la figura o contorno completo de aquellos que tenemos en primer plano, pasando los otros a quedar

parcialmente tapados y en ocasiones de forma total. Por lo tanto, la superposición puede establecerse en diferentes profundidades por lo que un mismo objeto puede estar traslapado por varios a la vez. También existen objetos que dada su magnitud se salen de nuestro campo visual y no podemos abarcarlos por enteros. Podemos establecer diferentes tipos de objetos visuales en la escena según su situación:

Tipo 1: Objeto con figura visible al completo en la imagen visual. Estos tienen más posibilidades para configurarse como figuras y suelen ser los que están más cerca del observador.

Tipo 2: Objeto en primera línea pero incompleto en la imagen visual. Debido a su gran tamaño o cercanía al observador se sale de la imagen visual y no se ve en su totalidad.

Tipo 3: Objeto traslapado, no se ve en su plenitud al estar tapado en parte por un objeto de tipo 1.

Tipo 4: Objeto multi-traslapado, se ve poco debido a que está traslapado por varios objetos o es una mezcla de los objetos visuales del tipo 2 y 3.

La posición de los objetos en el exterior es generalmente apoyada sobre la región del suelo o unos objetos se van apoyando en otros hasta llegar al suelo, aunque también podemos encontrar objetos situados en la región del cielo como el sol, la luna, las estrellas, los pájaros, aviones, etc.

Elementos básicos de una escena interior

Como dijimos un escenario interior es aquel en el que el observador se encuentra dentro de un espacio cerrado. Por lo que, la diferencia mayor con una escena exterior, es que en vez de existir una región cielo, existe una región en la parte alta de la imagen denominada techo.

Los escenarios interiores suelen ser artificiales a no ser de algún caso puntual, en el que nos encontremos en una cueva o formación natural que cree un espacio interior (Figura 284). De igual forma que en el caso de los suelos en escenarios exteriores sus apariencias pueden ser múltiples. Aunque suelen ser llanos o aptos para andar fácilmente y cómodamente sobre ellos, un suelo no tienen por qué ser totalmente horizontal.

Los objetos en el suelo artificial pueden estar: apoyados, articulados o empotrados. Para crear el espacio interior se requieren unos objetos que comunican el suelo con el techo y que denominamos paramentos. Estos crean unas regiones en la escena interior y pueden ser estructurales o no, es decir pueden esconder las estructuras en su interior haciéndolas no visibles.

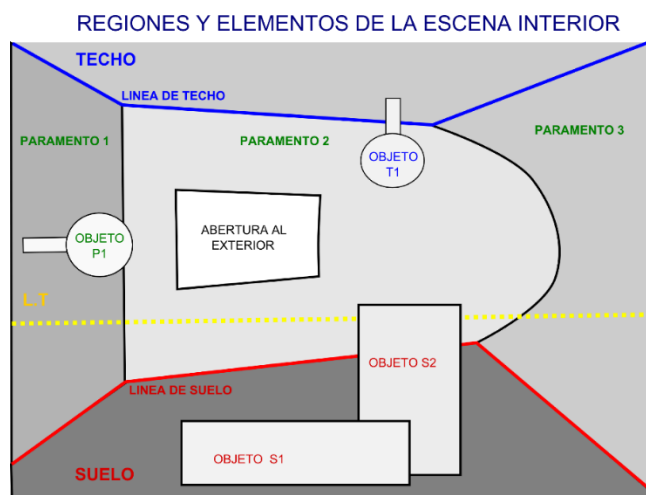


Figura 284

A no ser de que la conformación entre suelo, paramentos y techo, sea mediante superficies curvas, donde los experimentaríamos como degradados, lo normal es que aparezcan delimitaciones separando el suelo de los paramentos (línea de suelo), delimitaciones separando paramentos (esquinas interiores y exteriores) y delimitaciones separando los paramentos del techo (línea de techo).

Los paramentos suelen ser verticales, aunque podemos encontrar paramentos inclinados y curvos. Mientras que los techos suelen ser horizontales y planos, aunque también pueden ser inclinados, curvos e irregulares, es decir como no tenemos que desplazarnos por ellos pueden adoptar cualquier tipo de forma.

Por otro lado, sobre los paramentos y techos se pueden sujetar también objetos. Estos ocultan la escena exterior entre el suelo y el techo y pueden tener aberturas al exterior y conectar con la escena exterior. En este caso escena es mixta y encontramos regiones de las dos escenas. La línea de tierra aunque no sea visible, se establece perceptualmente de forma aproximada sobre todo cuando el suelo y el techo son llanos, estableciéndose el punto de fuga entre ellos como referencia y las líneas horizontales que aparecen de la intersección de estos con los paramentos.

5.4.4. LA ESTABILIDAD Y LA VARIABILIDAD EN LA APARIENCIA

Todo es variable. Los flujos energéticos que conforman nuestro mundo están en constante transformación. Nosotros estamos cambiando constantemente, nuestros cuerpos se modifican, cambiamos cuando movemos alguna parte de nuestro cuerpo, cuando nos desplazamos o cuando observamos. Esta cualidad nos permite interactuar con nuestro entorno físico. Por otro lado, el entorno en el que nos movemos también está en constante cambio. La materia entendida como una forma de energía se encuentra también en constante mutabilidad.

Por lo tanto, la variabilidad aparece con el tiempo. El rango temporal y la cantidad de la variación son las cualidades que hacen que percibamos unos elementos más variables que otros, es decir si algo está sufriendo cambios notables cada milésima de segundo, se percibirá muy variable, y si algo sufre cambios leves cada año se percibirá muy poco variable o estable.

Por otro lado, al movernos y desplazarnos vamos cambiando constantemente nuestro punto de vista, esto hace que nuestra imagen visual sufra variaciones y que los signos visuales se muestren diferentes en cada perspectiva,

mostrándonos los mismos objetos visualmente diferentes. A pesar de esta variabilidad, los seguimos reconociendo, sobre todo cuando el objeto material y algunos de los factores que actúan sobre su apariencia mantienen sus cualidades, gracias a la constancia perceptiva.

Según van cambiando los diferentes factores que actúan sobre la variabilidad de la apariencia de un objeto, este se nos muestra más variable y nos cuesta más reconocerlo. Por otro lado, cuando un objeto mantiene sus cualidades y se mantienen estables algunos de los factores que actúan sobre su apariencia, entonces este nos da la sensación, de estable e invariable.

Estabilidad y variabilidad se entienden como significados contrapuestos, y son responsables en gran medida de la imagen mental que nos hacemos de los diferentes objetos que nos rodean.

5.4.4.1. Significados de variabilidad y estabilidad

El término variabilidad se entiende como a las diferencias en el comportamiento de todo fenómeno observable que se repite bajo las mismas condiciones. Por otro lado, cuando no se perciben diferencias en el fenómeno entonces se considera estable. Por lo tanto, variabilidad y estabilidad se consideran como los dos extremos o polos del mismo concepto o sensación. Entre los dos extremos se sitúan infinidad de posiciones que describen el grado de variabilidad o estabilidad que tiene el fenómeno observado.

Según el diccionario de la lengua española²⁵², variabilidad es; “*cualidad de variable. Hacer que una cosa sea diferente en algo de lo que antes era, o dicho de una cosa que cambia de forma, de propiedad o de estado*”.

Este adjetivo, que procede del vocablo latino *variabilis* y se refiere a todo aquello que varía, que cambia, que muta o que se modifica.

La variabilidad de forma positiva rompe la monotonía y crea dinamismo y vitalidad. Algo variable es algo versátil, algo con la posibilidad de modificarse, ser alterado, mutar y mejorarse. De forma negativa puede provocar incertidumbre, inestabilidad e inseguridad transmitiéndonos percepciones de inconstancia, provisionalidad y ofreciéndonos la sensación de que puede empeorar.

En el otro extremo está la estabilidad, que según la rae es cualidad de *estable*; “*que se mantiene sin peligro de cambiar, caer o desaparecer*”, haciendo referencia a conceptos como la temperatura, la economía, la posición, etc. También, hace referencia a permanecer en un lugar durante mucho tiempo o a mantenerse en equilibrio.

El vocablo estabilidad proviene del latín *stabilitas*, con componentes léxicos como el verbo *stare* que viene de una raíz indoeuropea y que significa estar de pie o parado, también el sufijo *bilis* igual a *able* indicador de posibilidad, más el sufijo *tas* igual a *dad* que quiere decir cualidad, por lo tanto la palabra estabilidad según su etimología significa la cualidad de poder permanecer en un lugar por mucho tiempo sin experimentar cambio alguno.

Los significados de estabilidad con connotaciones positivas hacen referencia al equilibrio, a la firmeza y a la perdurabilidad. La estabilidad es constancia, solidez, consistencia y fijeza. Por lo tanto, crean sensaciones de seguridad y de referencia. Algo estable es algo a lo que agarrarse, algo que nos sirve de referencia y orientación para seguir. En sus significados negativos hace referencia a la inmovilidad, a la quietud y a la ausencia de vida. Algo totalmente estable,

²⁵² RAE. 2001. *Diccionario de la lengua española* (España, Madrid: Real Academia Española.22.a ed.)

inmutable se percibe como algo inerte y que no evoluciona, ya que no puede cambiar. Con la estabilidad se pierde la esperanza de obtener algo nuevo en el futuro.

Un sinónimo de elemento estable es un *invariante*, concepto utilizado magistralmente en relación a la arquitectura por Joaquín Casado²⁵³ en su libro *La unidad temática*; “*Un invariante es una cosa que cuando otras cosas ligadas a ellas se modifican permanece sin sufrir cambio o alteración; y el cambio queda representado en la lógica por medio de las relaciones que los matemáticos llaman transformaciones*”.

5.4.4.2. La constancia perceptiva

Nada de lo que percibimos permanece estable ni constante. El tamaño de los objetos en nuestra imagen visual varía dependiendo de nuestra posición; la forma se modifica por la perspectiva, la luz cambia constantemente, los objetos o partes de ellos también se mueven, etc. Por el contrario, nuestro cerebro es capaz de percibir una forma o un material como constante aunque la visión de este se vea modificada. Si un objeto se mueve observamos como el tamaño de ese objeto cambia según las diferentes distancias sin embargo lo percibimos constante, de la misma forma, reconocemos una melodía aunque se operen transposiciones de tono. Este fenómeno se conoce con el nombre de constancia perceptiva²⁵⁴.

Gracias a ella, el cerebro extrae las características constantes e invariables de los objetos a partir de los innumerables estímulos que recibe de ellos. El cerebro no se limita a reproducir sin más las sensaciones que capta, sino que construye activamente un mundo perceptivo, elaborando concepciones de información estables. Por lo tanto, aunque los signos que nos ayudan a reconocer los objetos se muestren como variables en nuestra imagen visual, son asociados con concepciones estables de estos mismos en nuestro cerebro.

Si nuestra percepción de los objetos variase a la vez que los estímulos que de ellos nos llegan, sería imposible reconocer las cosas, puesto que estarían en un constante cambio.

Como hemos dicho un objeto tiene una forma tridimensional y una serie de cualidades de apariencia que aportan los materiales de los que está formado. Por lo que existe una constancia de forma global y una constancia de cualidades aparentes. Como no podemos desligar las cualidades visuales de nuestra imagen visual, estas constancias actúan al unísono, ayudándose mutuamente en el establecimiento de la constancia y el reconocimiento. No obstante, la continuidad en la variación temporal es clave para la determinación de la constancia. Es decir, la variación de la imagen según nos movemos suele desarrollarse de forma continua. Es decir, las delimitaciones, degradados, colores, texturas y demás signos no cambian bruscamente, sino que van variando paulatinamente, y esta continuidad nos va enlazando las diferentes imágenes permitiendo que la asociación y la constancia de los objetos en el transcurso del tiempo sean plenas.

Constancia de la forma global

Constancia de forma bidimensional y tridimensional

La forma se percibe constante ya sea tridimensional o bidimensional. Por ejemplo, un cuadrado en el suelo visto desde arriba proyecta sobre la retina una forma cuadrada evidentemente, pero cuando se mira un poco retirado desde un ligero

²⁵³ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2006. *La unidad temática*. (Granada: Editorial Universidad de Granada)

²⁵⁴ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

ángulo, la imagen que proyecta tiene forma de trapezoide, (Figura 285) sin embargo la percepción del objeto sigue siendo la misma. Ciertas cualidades de la forma cambian, mientras que otras se mantienen y estas son las que nos ayudan a asociar una forma con otra en la identificación. En este ejemplo se mantiene el polígono cerrado por cuatro líneas rectas y cuatro vértices que mantienen su propiedad de igualdad sobre la fuga de la perspectiva visual, eso sin contar el apoyo de la constancia de las otras cualidades como las de apariencia o de la continuidad de movimiento sobre la misma forma. Cuando un objeto plano se presenta de forma vertical y paralelo a nuestra visión, se muestra sin deformación, y los rasgos y propiedades de esta imagen son los que nos ayudan a definir su imagen mental.

CONSTANCIA DE FORMA

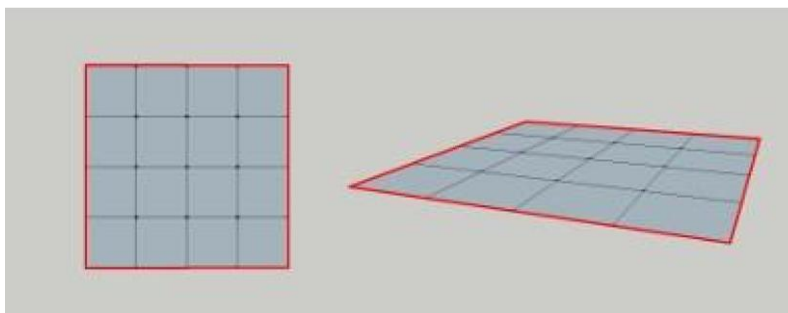


Figura 285

Constancia del tamaño o dimensión

Si nos acercamos o nos alejamos de un objeto, el tamaño de este cambia en las diferentes distancias, sin embargo lo percibimos como constante. Esto se debe a la comparación que realizamos con formas adyacentes conocidas que nos sirven de referencia, o debido a que lo reconocemos, y al poseer con un tamaño conocido se nos muestra constante independientemente de la distancia que nos separe de él. (Figura 286). Por ejemplo, un coche reconocido en la profundidad se ve pequeño, pero su tamaño se percibe constante porque conocemos su tamaño físico, o cuando no conocemos el objeto, por ejemplo ante la apariencia externa de un edificio desconocido nos es de gran ayuda la comparación visual con vehículos, personas, etc.

CONSTANCIA DE TAMAÑO

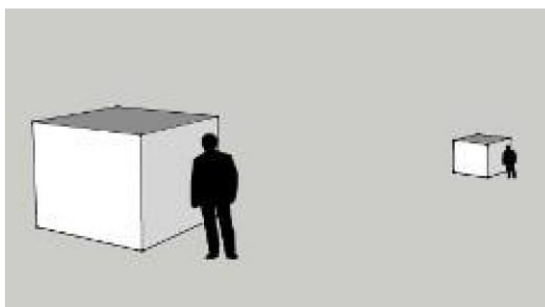


Figura 286

Constancia en la posición u orientación.

Independientemente de que nos movamos entorno a un objeto, este se nos muestra situado y orientado de forma estable. En este caso, utilizamos las referencias formales del entorno para establecer la constancia. Es decir si percibimos que las posiciones y orientaciones del objeto y las referencias del entorno se mantienen, aunque su imagen cambie las percibimos constantes (Figura 287). Por otro lado la inmovilidad de los edificios también nos ayuda a establecer esta constancia.

CONSTANCIA DE POSICIÓN Y ORIENTACIÓN

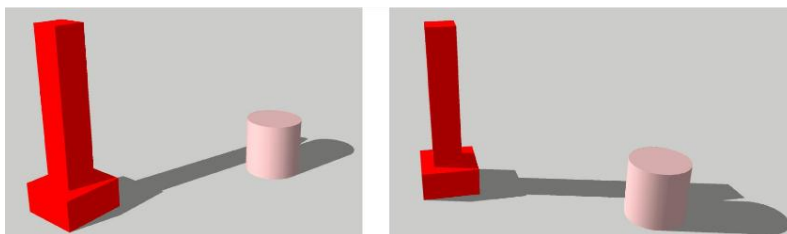


Figura 287

Constancia en el movimiento

Un objeto que cambia de posición y/o de forma al moverse también nos parece constante, ya que percibimos la continuidad del objeto en el tiempo. Evidentemente se detectan rasgos o signos estables mientras que otros cambian (Figura 288). En el ejemplo vemos como la posición y la forma de una parte cambia mientras que el resto del objeto se mantiene constante. En el caso de no existir continuidad visual también podemos detectar que ha existido un movimiento, las referencias sobre la imagen visual junto con las sombras nos ayudan a detectar del cambio de posición y por ejemplo en la variación de la superficie superior del cubo podemos ver el cambio de forma.

CONSTANCIA DE MOVIMIENTO

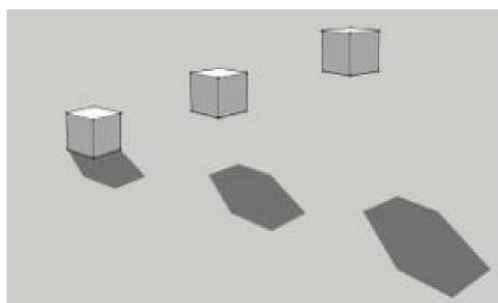


Figura 288

Constancia de la apariencia superficial

Constancia del color

Los colores de los objetos no los vemos cambiar aunque cambie la frecuencia de su onda lumínica. En general cuando las condiciones de la luz y del entorno cambian afectan a todos los objetos y superficies manteniéndose las interacciones de color (Figura 289). En la imagen aunque se percibe el mismo amarillo podemos comprobar que no es el mismo debido a la variación de la posición de la sombra.

CONSTANCIA DE COLOR

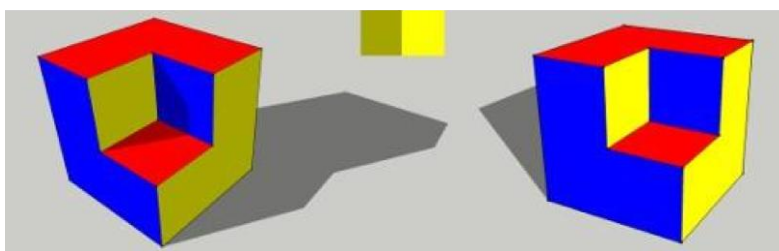


Figura 289

Ludwig Wittgenstein²⁵⁵, ya mostró en su obra *Observaciones sobre colores*, como la interacción de colores afecta a la constancia;

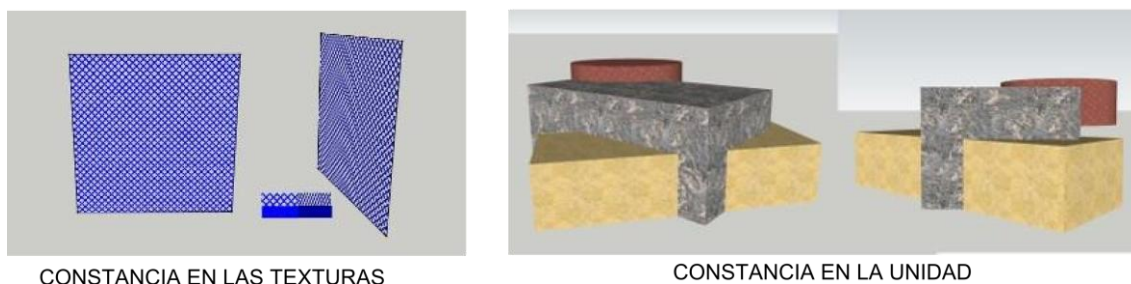
“95. Estoy en mi cuarto rodeado de objetos de diferentes colores. Es fácil decir qué colores tienen. Pero si me pregunta qué color estoy viendo desde aquí, en, digamos, este lugar en mi mesa, no podría proporcionar ninguna respuesta; el lugar es blancuzco (porque la luz de la pared hace a la mesa de café más clara aquí) en todo caso mucho más claro que el resto de la mesa, pero, dado un cierto número de muestras de color, no sería capaz de extraer una que tuviera la misma coloración que esta parte de la mesa”.

No obstante, este concepto lo desarrollaremos en profundidad en el punto siguiente al estudiar la fenomenología de la percepción.

Constancia en la agrupación perceptual

Como vimos la textura es una asociación de formas y colores debido a su repetición agrupada. Por lo tanto, dado que hacemos constante la forma y el color también lo hacemos con la textura (Figura 290). En la imagen vemos como de una imagen a otra, tanto la retícula cambia de forma como el tono de azul.

CONSTANCIA EN LA AGRUPACIÓN PERCEPTUAL



CONSTANCIA EN LAS TEXTURAS

CONSTANCIA EN LA UNIDAD

Figura 290

De la misma forma entendemos constante una unidad, de hecho uno de sus fundamentos es la agrupación por constancia de forma y color ante su separación visual (Figura 290). Como vemos los dos elementos amarillos se perciben como un solo objeto constante aunque se vean separados visualmente en las dos imágenes.

²⁵⁵ WITTGENSTEIN, Ludwig.1994. *Observaciones sobre colores*. (Barcelona: Editorial Paidós Estética). 95

Constancia en las Cesías

Como ya dijimos la especularidad y la transparencia no se ven, solo vemos lo que hay detrás o lo que hay delante reflejado simétricamente. Esto hace que los elementos que tengan esta apariencia sean tan variables como nuestra misma visión. Por lo tanto aquí la cualidad estable es la variabilidad en sí misma. En la imagen (Figura 291) podemos ver un marco transparente con un cuadrado rojo en su superficie, en el cambio de imagen el cuadrado rojo evidentemente se muestra constante respecto al marco, sin embargo el cubo no, al cambiar sus relaciones con el marco y con el cuadrado rojo, nos informa de estar posicionado detrás de ellos y que el interior del marco es transparente.

En el caso de la especularidad o brillo observamos que cumple las mismas propiedades pero de forma simétrica respecto el elemento reflector o espejo (Figura 291).

No obstante nos podemos encontrar con elementos que en función de la luz y la posición del observador pueden pasar de ser transparentes a ser espejos como ciertos vidrios, en este caso esta propiedad variable esta absorbida también en nuestra memoria, y no es que no nos extrañe ver este cambio de cualidades, sino que además funciona como signo en su reconocimiento como vimos.

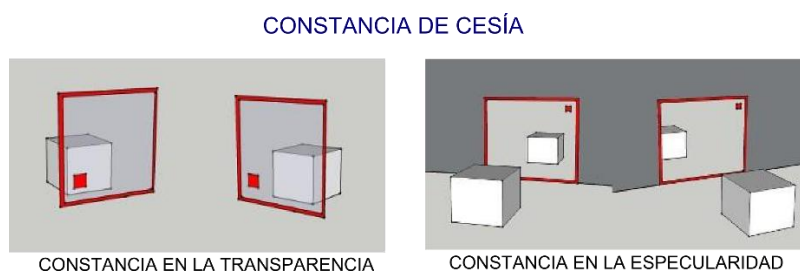


Figura 291

5.4.4.3. La fenomenología y la constancia perceptiva

Dentro de los estudios sobre la constancia perceptiva destacan los realizados por el filósofo francés *Maurice Merleau-Ponty* en su obra principal titulada; *La Fenomenología de la percepción*²⁵⁶ la cual fue publicada en 1945.

La fenomenología la podríamos definir de forma sencilla como el estudio lógico de las cosas tal cual aparecen. Por lo tanto, en el estudio de la apariencia entender los sucesos visuales tal cual aparecen, cobra gran importancia.

Para Merleau-Ponty, la percepción tiene una dimensión activa, en la medida en la que representa una apertura primordial al mundo de la vida. Este autor logra grandes conclusiones no solo atendiendo a la corriente de la Fenomenología, si no atendiendo también a la Teoría de Gestalt o Gestalttheorie.

Para este autor la fenomenología trata de describir, no de explicar ni analizar, ya que el mundo está ahí previamente a cualquier análisis que yo pueda hacer del mismo. Por lo tanto, según este autor²⁵⁷: “*La fenomenología en cuanto, revelación del mundo se apoya en sí misma, o se funda en sí misma*”.

²⁵⁶ MERLEAU-PONTY, Maurice. 1994. *Fenomenología de la percepción*. (Barcelona: Planeta de Agostini)

²⁵⁷ *Idid*.

Por otro lado, el autor hace referencia a como la fenomenología enlaza lo objetivo con lo subjetivos, siendo este su adquisición más importante: *“La adquisición más importante de la fenomenología estriba, sin duda, en haber unido el subjetivismo y objetivismo extremos en su noción del mundo o de la racionalidad.*

Centrándonos en la constancia (trataremos otros aspectos de su obra en torno a la concepción de objeto), sin la percepción de esta, el mundo se volvería totalmente variable e ilusorio, de tal forma que no podríamos interactuar con él adecuadamente. Merleau-Ponty lo expone de la siguiente forma; si la realidad de la percepción no se fundara más que en la coherencia intrínseca de las “representaciones”, tendría que ser siempre vacilante y, abandonado a mis conjeturas probables, constantemente tendría yo que deshacer unas síntesis ilusorias y reintegrar a la realidad unos fenómenos aberrantes de antemano excluidos por mí de la misma. No hay tal. La realidad es un tejido sólido, no aguarda nuestros juicios para anexarse los fenómenos más sorprendentes, ni para rechazar nuestras imaginaciones más verosímiles. La percepción no es una ciencia del mundo, ni siquiera un acto, una toma de posesión deliberada, es el trasfondo sobre el que se destacan todos los actos y que todos los actos presuponen.

Para Merleau Ponty, por ejemplo; percibimos el color como estable, debido a que el color solo aparece en una estructuración con otros aspectos de la cosa, es decir aparece interaccionado. Dicha estructuración o configuración interaccionada es lo que se mantiene la estabilidad percibida como estable, y hace que el color nos parezca el mismo. Este ejemplo de la constancia del color se puede generalizar a todas las sensaciones visuales. Por lo tanto, ninguna cualidad de la cosa aparece de forma aislada, no hay cualidades sensibles puras, simples y separables; sino que cada una es lo que es por su interrelación estructural con otros aspectos de la cosa; La sensación pura será la vivencia de un “choque” indiferenciado, instantáneo, puntual. De tal forma que el autor renuncia definir la sensación como la impresión pura. Donde los fenómenos no van a la par con el estímulo,

Por lo tanto, Ponty nos dice que sin interacción no hay percepción, y lo hace de la siguiente manera:

“Cuando la Gestalttheorie nos dice que una figura sobre un fondo es el dato sensible más simple que obtenerse pueda, no tenemos ante nosotros un carácter contingente de la percepción de hecho que nos dejaría en libertad, en un análisis ideal, para introducir la noción de impresión. Tenemos la definición misma del fenómeno perspectivo; aquello sin lo cual no puede decirse de un fenómeno que sea percepción. El “algo” perspectivo esta siempre en el contexto de algo más; Siempre forma parte de un “campo”. Una región verdaderamente homogénea, sin ofrecer nada que percibir, no puede ser dato de ninguna percepción.

Un ser que pudiese sentir –en el sentido de coincidir absolutamente con una impresión o con una cualidad- no podría tener otro modo de conocimiento. El que una cualidad, una región roja, signifique algo –que, por ejemplo, sea captada como una mancha sobre un fondo-, quiere decir que el rojo no es únicamente este color cálido, experimentado, vivido, en el que me pierdo; que anuncia, sin encerrarla, alguna otra cosa, que ejerce una función de conocimiento y que sus partes componen, juntas, una totalidad a la que cada una se vincula sin abandonar su lugar. En adelante el rojo no sólo estará presente ante mí, sino que me representará algo, y lo que representará no será poseído como una “parte real” de mi percepción, sino que únicamente se enfocará como una “parte intencional”.

Por lo tanto, en la medida en que las apariciones sensibles están ligadas y son inseparables, entendemos que es en la sensación misma en la que aparece la forma; sin que haya necesidad de una conciencia trascendental constitutiva de trascendencias.

Merleau-Ponty, denomina a estas interacciones caracteres o propiedades, de la siguiente forma; una cosa tiene “*caracteres*” o “*propiedades*” estables, y enfocaremos el fenómeno realidad estudiando sus constantes perceptivas. Primero, una cosa tiene su magnitud y su forma propias bajo las variaciones perspectivísticas que no son más que aparentes.

En definitiva, nuestra experiencia visual es constantemente variable, nunca vemos la cualidad de un objeto exactamente igual. Los factores que actúan sobre la apariencia (5.4.4.3↔5.4.4.4) continuamente nos ofrecen imágenes diferentes. Por ejemplo el color de un objeto varía correlativamente con la iluminación, con la superficie y disposición de los objetos organizados dentro del campo perceptivo, con nuestro cambio de posición, etc, sin embargo nosotros lo vemos estable. Por lo tanto, no hay entonces percepción de colores puros, sino que estos solo se dan en su interrelación estructural con otros aspectos del objeto que aparece. Por lo tanto, el color visto, no puede desvincularse de sus interacciones y los factores que actúan sobre la apariencia. Al desvincularlos nos sorprenderemos de la fuerza de la interacción, por ejemplo en la imagen (Figura 292), nos sorprenderemos de la fuerza de la interacción, a pesar de percibir las diferentes casillas del ajedrez como estables.

CONSTANCIA PERCEPTIVA: VARIACIÓN DEL COLOR Y CONSTANCIA DE LA RELACIÓN

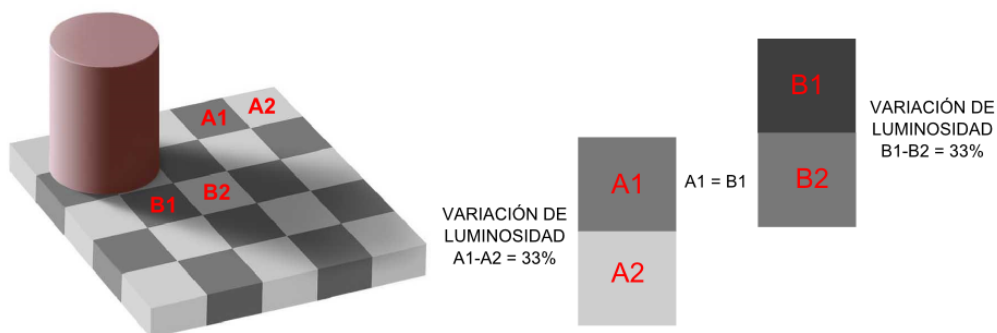


Figura 292

5.4.4.4. Factores de variación de la apariencia

Toda imagen se encuentra en constante cambio. Estos cambios afectan directamente a la apariencia de la escena y de los objetos que aparecen en la imagen visual, y por lo tanto, también cambia la imagen o esquema mental que nos hacemos de ellos.

La diferencia en el cambio entre unas imágenes y otras, estriba por un lado, en los espacios temporales en los que se produce el cambio y por otro lado, en los factores que afectan a la variabilidad visual de la imagen.

En cuanto a los cambios en el tiempo, el rango o espacio temporal de cambio puede ser muy variable. Podemos observar cambios instantáneos como los debidos a una luz intermitente de una luz artificial o podemos percibir cambios que acontecen en el transcurso de años como la oxidación de un metal con discontinuidades temporales en la imagen visual.

En cuanto a los factores determinantes que actúan en el cambio de apariencia de un objeto en una imagen visual, los podemos clasificar de la siguiente forma:

- 1. Cambios en el objeto material
- 2. Cambios del entorno o la escena del objeto
- 3. Cambios de la luz que ilumina el objeto
- 4. Cambios visuales en el observador
- 5. Cambios en varios de los factores anteriores a la vez

A continuación pasamos a estudiar detalladamente cómo pueden variar cada uno de estos factores sobre la apariencia de un objeto. Como ejemplo mostraremos estas variaciones sobre un objeto sencillo, en concreto un cubo y por otro lado mostraremos otros ejemplos de cómo estos cambios afectan a la variabilidad de la apariencia de imágenes en escenas donde aparecen elementos arquitectónicos.

1. Cambios en el objeto material

Llamamos cambios en el objeto cuando percibimos algún cambio en la apariencia del objeto debido a que experimenta cambios físicos y/o químicos sobre su cuerpo material.

a. Cambio de posición y orientación

Es cuando el objeto sufre una traslación (desplazamiento) y/o rotación (giro) de forma global respecto su posición inicial. Tanto el desplazamiento como el giro producen un cambio en la imagen y en la apariencia del objeto observado. Estos cambios los podemos clasificar de la siguiente forma;

i. Traslación o Desplazamiento

ii. Rotación o Giro

iii. Combinación de las anteriores

La posición nos informa de la localización y la orientación del objeto en el espacio. La posición y orientación de un objeto se determinan mediante unas referencias, en nuestra imagen no suele aparecer un objeto solamente. En el espacio exterior podríamos encontrarnos con esta situación con la consiguiente sensación de desorientación por no existir objetos de referencia. Como referencias, solemos utilizar dos, una que indique la posición y otra que indique su orientación, es decir cómo se encuentra el objeto de desplazado y como se encuentra de girado (Figura 293).

Generalmente, este cambio se debe a la aplicación de una fuerza o momento sobre el objeto. Una fuerza suele provocar un desplazamiento y un momento un giro. La fuerza motriz puede ser natural o mecánica.

Los objetos suelen estar apoyados, articulados o empotrados a los elementos que los sustentan debido a la acción de la gravedad sobre su materia, por lo tanto, sólo cambian los apoyados y los articulados, ya que los empotrados no pueden desplazarse, ni rotar. Los objetos apoyados pueden desplazarse y girar, mientras que los objetos articulados sólo pueden girar respecto a la articulación que los soporta.

Lo normal es que los objetos se encuentren sujetos al suelo, pero también pueden estar colgados o pueden estar unidos a algún elemento o paramento vertical.

CAMBIO DE APARIENCIA DEBIDO AL MOVIMIENTO DEL OBJETO

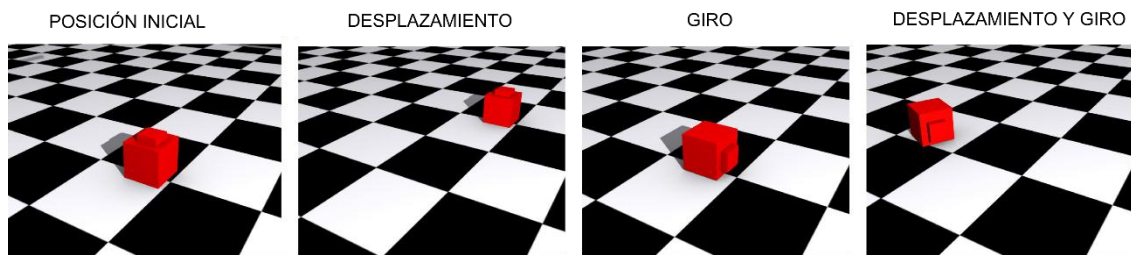


Figura 293

El cambio dependerá de la dimensión en la que se encuentre sujeto el objeto, por lo que podrá ser en 1d, 2d o 3d. El cambio en 1d es cuando el objeto se encuentra unido a un elemento lineal y sólo puede desplazarse sobre éste, es decir sólo tiene un grado de libertad, como por ejemplo un vagón desplazándose por sus guías. El cambio en 2d puede ser un desplazamiento en las dos direcciones y/o un giro sobre la superficie que define las 2d, por lo tanto existen tres grados de libertad. Un ejemplo puede ser una mesa apoyada en el suelo. El cambio en 3d puede ser un desplazamiento en cualquiera de las tres direcciones o combinación de éstas y un giro respecto de los tres ejes. Por lo tanto, un objeto en el espacio tiene seis grados de libertad. Un ejemplo puede ser el globo de un niño suelto en el aire.

Los objetos arquitectónicos no suelen sufrir este tipo de cambio, ya que como su nombre lo indica son inmuebles. Existen casos aislados de proyectos o realizaciones que lo hacen, pero no es usual encontrarlos con imágenes visuales donde estos se encuentren cambiando de posición u de orientación en nuestros entornos cotidianos (Figura 294).



Figura 294

b. Cambios de forma

El cambio de la forma de un objeto afecta directamente al cambio de apariencia y puede deberse a varias razones. Puede producirse debido al cambio de posición o de orientación de alguna de sus partes sobre el resto. Puede deberse a que el objeto sufra una deformación material. También, el objeto puede sufrir la adición de otro elemento material o puede sufrir la sustracción de alguna de sus partes o materia. Por último, un objeto puede cambiar su imagen al cambiar la apariencia de sus superficies o su factura.

Por lo tanto, estos cambios los podemos organizar de la siguiente forma;

i. *Cambio de posición de alguna de sus partes*

1. *Desplazamiento*
2. *Giro*

3. *Combinación de las anteriores*

Alguna o algunas de las partes del objeto se mueven pero el resto conserva su posición, por lo que se observa un cambio de forma (Figura 295). En este caso, la referencia la otorgan los elementos estáticos.



Figura 295

En imágenes de elementos arquitectónicos solemos observar cambio de forma cuando cambia alguno de sus elementos móviles, como por ejemplo puertas, ventanas, persianas, cortinas, parasoles, objetos móviles interiores, etc (Figura 296).



Figura 296

ii. *Deformación*

La deformación de un objeto aparece cuando sufre un cambio de escala o un cambio de forma en alguna de sus superficies debido a alguna acción física.

1. *Escala lineal*

La escala nos informa del tamaño del objeto, por lo tanto se necesita una referencia para determinarlo. El cambio de escala puede realizarse sobre un eje o varios de los ejes espaciales, por lo que puede ser lineal, superficial o volumétrico. Cuando es sobre varios ejes puede ser con proporcionalidad entre ellos o sin ésta, es decir siendo no proporcionales entre éstos.

La escala por otro lado puede ser de dos tipos (Figura 297):

- a. *Reducción*
- b. *Ampliación*



Figura 297

Por otro lado, puede ser general o que afecte a todo el cuerpo del objeto o que afecte solo a alguna parte de éste, en este caso se percibe una deformación (Figura 298).



Figura 298

2. *Deformación curva*

Es cuando un elemento recto se curva o cuando un elemento curvo se curva más (Figura 299). Por lo tanto, la deformación puede ser lineal, superficial o volumétrica.



Figura 299

3. *Deformación recta*

Es el caso contrario al anterior, es decir cuando un elemento curvo se deforma hasta ponerse casi recto o totalmente recto (Figura 295). De igual forma, la deformación puede ser lineal, superficial o volumétrica (Figura 300).

CAMBIO DE FORMA POR DEFORMACIÓN



Figura 300

De forma general, los elementos arquitectónicos no suelen sufrir este tipo de cambios. Por lo tanto, no es habitual encontrar imágenes donde esto ocurra. No obstante, se puede observar en casos muy específicos; por ejemplo estructuras hinchables o elementos textiles que se estiran o encogen (Figura 301).

Por otro lado, existen diseños que expresan una notable sensación de deformación visual, aunque la materialidad real sea rígida.

ARQUITECTURA Y DEFORMACIÓN



Figura 301

iii. Adición

El objeto se ve ampliado en tamaño y forma por la adición de alguna nueva parte u elemento nuevo exterior. Para que se produzca este cambio físico debe existir algún tipo de unión o ligadura entre estos elementos de tal forma que se conviertan en uno nuevo.

El cambio de apariencia por adición exterior suele producir algún tipo de protuberancia o varias de éstas (Figura 302). Cuando las protuberancias se repiten de forma homogénea mediante *multi-protuberancias* se crea una textura tridimensional.

CAMBIO DE FORMA POR ADICCIÓN-SUSTRACCIÓN

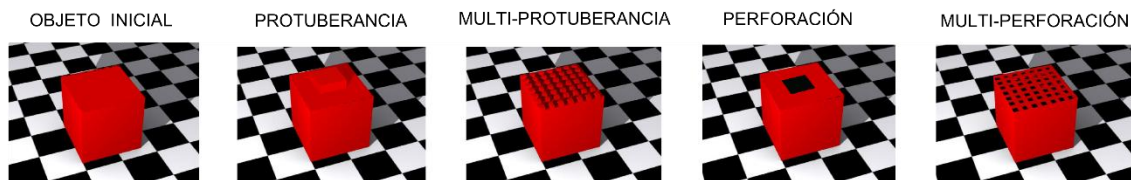


Figura 302

De igual forma a los casos anteriores el incremento puede ser lineal, superficial o volumétrico.

La adición en arquitectura es habitual y se realiza sobre suelos, techos y paramentos. La inclusión de mobiliario, carteles, decoración, iluminación o incluso vegetación hace que el aspecto exterior de los elementos arquitectónicos

cambie totalmente, no obstante el espacio temporal suele ser variable, desde unos minutos en la colocación de un cartel hasta años en una rehabilitación. Dentro de estos cambios el pintado es una de las adicciones más usuales y que más actúa sobre el cambio de apariencia de imágenes donde los elementos arquitectónicos que han sufrido estas modificaciones aparecen (Figura 303).

ADICCIÓN Y SUSTRACCIÓN EN LA ARQUITECTURA



Figura 303

iv. *Sustracción*

Esta es la operación contraria a la anterior, por lo que se podría entender dentro de la misma acción pero a la inversa. Aquí, el objeto se ve reducido en tamaño y forma por la sustracción de algún elemento o parte del objeto. En este caso, en vez de protuberancia, suele aparecer algún tipo de perforación o amputación sobre el objeto. Igualmente puede ser total o parcial, o puede ser lineal, superficial o volumétrica. También puede sufrir varias perforaciones y en el caso de ser *multi-perforaciones* aparecerá una textura tridimensional.

La sustracción en elementos arquitectónicos también existe, sobre todo cuando se hacen reformas, cuando se realizan nuevos huecos en paramentos o cuando se desmontan ciertos elementos por ejemplo por cambios estacionales.

Por lo tanto, podemos concluir que mediante las operaciones de adición y de sustracción y una buena factura, podríamos llegar a conseguir cualquier cambio visual en un objeto y de la imagen donde aparecen, incluidos los cambios de forma anteriormente comentados.

c. *Cambio de conformación material*

En este caso la forma general exterior del objeto se mantiene igual y lo que cambia es la apariencia del material que lo conforma. Estos cambios pueden deberse a cambios en las superficies externas del objeto o en su factura o a cambios internos. Los cambios externos se producen con la aplicación de acciones físicas, mientras que los cambios internos son debidos a acciones químicas o cambios energéticos materiales.

i. *Cambio superficial externo*

Estos cambios producen un cambio de apariencia superficial en el material. La apariencia superficial puede ser una textura o una no textura. Cuando las delimitaciones y/o colores superficiales se repiten de forma más o menos regular hablamos de una textura. Cuando no se repiten entonces hablamos de una no textura.

1. *Texturas*

La textura de una superficie puede ser tridimensional con relieve o plana. La textura con relieve suele aparecer cuando se realiza un cambio de factura en la superficie del material. Cuando la factura es lisa entonces la textura que aparece es plana.

En función de la factura en relieve y las características del material podemos encontrar texturas granulares, lineales, tramadas, puntiagudas, onduladas, peludas, etc (Figura 304). En general, estas facturas aportan nuevas delimitaciones en repetición y sombras que oscurecen la superficie.

EJEMPLOS DE TEXTURAS TRIDIMENSIONALES QUE CREAN RELIEVE

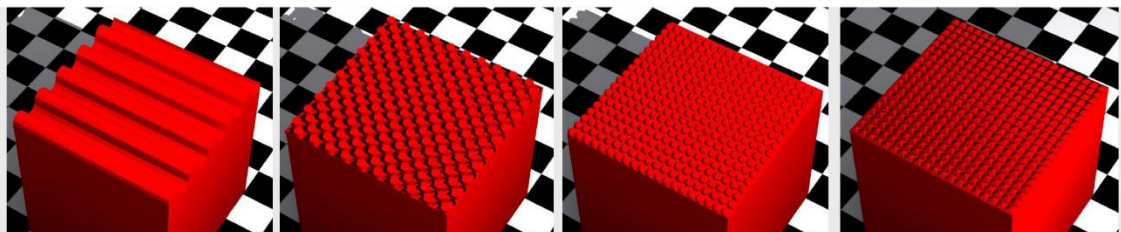


Figura 304

Con factura lisa y en función de las características del material que forma el objeto podemos encontrar superficies con diferentes cualidades de reflexión, es decir; mate, brillante o especular (Figura 305).

REFLEXIÓN TEXTURAS PLANAS

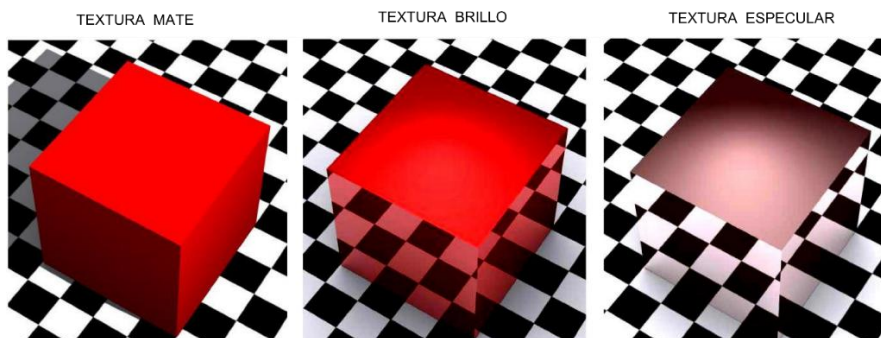


Figura 305

La variabilidad de los objetos brillantes y especulares aparece con gran intensidad cuando se produce un movimiento. El movimiento puede ser del mismo objeto, de la luz que lo ilumina o de la perspectiva del observador al desplazarse. Por lo que esta variabilidad la estudiaremos más adelante.

Por otro lado, las facturas lisas también se definen por su textura bidimensional es decir por tener delimitaciones y mostrar varios colores y tonalidades, por formar degradados, o por ser de un solo color y por lo tanto no aportar ninguna delimitación superficial.

Una textura puede variar por cambio de la forma que se repite, por cambio de color o por ambos cambios a la vez. Las formas pueden ser regulares o irregulares, abstractas o figurativas, geométricas u orgánicas, etc (Figura 306).

Cuando en la superficie no aparece forma o delimitación alguna nos encontramos con una textura plana o de un solo color. También en la superficie puede aparecer mediante la degradación de colores.

EJEMPLOS DE TEXTURAS BIDIMENSIONALES

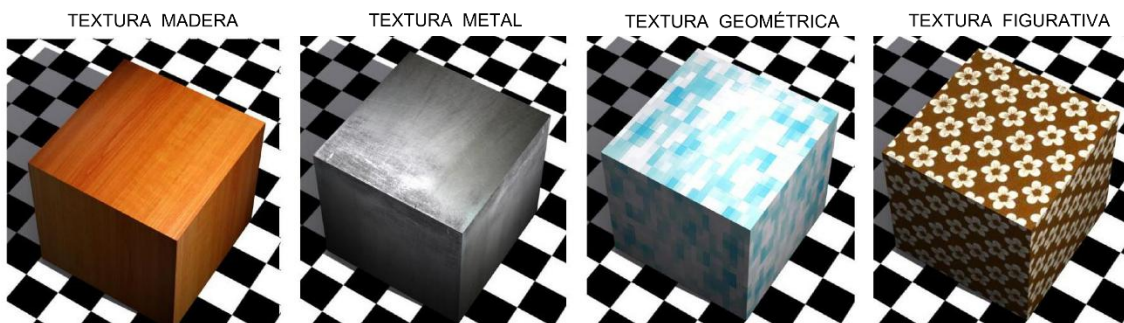


Figura 306

En arquitectura también podemos encontrar casos donde se cambia la apariencia externa de alguna superficie por la aplicación de algún tratamiento superficial o una nueva factura y por lo tanto su imagen. Las superficies pueden ser alisadas, pueden ser talladas o pueden ser tratadas mediante adicciones o sustracciones de nivel superficial (Figura 307).

EJEMPLO DE DIFERENTES TEXTURAS PARA UN MISMO MATERIAL ARQUITECTÓNICO



Figura 307

Por otro lado, es muy común observar cambios debidos a la acción química sobre elementos arquitectónicos que van afectando a su apariencia externa poco a poco según va pasando el tiempo. Como ejemplos, podemos observar como la humedad produce manchas en los paramentos, como el aire y el agua provocan la oxidación de elementos metálicos, o como la contaminación ensucia las fachadas de los edificios en núcleos urbanos (Figura 308).

CAMBIO DE APARIENCIA CON EL PASO DEL TIEMPO



Figura 308

2. No texturas

En las No texturas no existe repetición de forma y de color. Generalmente las No texturas aparecen en materiales naturales compuestos con un índice de regularidad inferior al 20%, es decir que no crean asociación perceptual por semejanza. También existen al realizarse de forma artificial mediante la representación en superficies de objetos. Estas representaciones suelen estar realizadas mediante dibujos, pinturas, impresiones o adicciones y sustracciones a nivel superficial, además estas pueden ser figurativas o abstractas (Figura 309).



Figura 309

En arquitectura también encontramos superficies con No texturas sobre todo en murales y diseños con intenciones expresivas (Figura 310).

REPRESENTACIÓN ABSTRACTA Y FIGURATIVA EN ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS



Figura 310

ii. *Cambio interno*

Cuando el material sufre una reacción química al entrar en contacto con alguna sustancia puede darse el caso que afecte a su apariencia.

Estos cambios pueden afectar a su textura o pueden afectar a cómo reacciona el material ante la luz, es decir pudiendo cambiar y mostrarse opaco, translucido o transparente (Figura 311). También, pueden aparecer o desaparecer su brillo metálico o incluso pueden aparecer procesos de fluorescencia o fosforescencia que antes no existían.

Cuando el material no es totalmente opaco, un cambio en su constitución interna puede ser observable desde el exterior, por lo tanto en este caso se observaría una variación en la textura interna del material.



Figura 311

Por otro lado, al igual que los objetos brillantes y especulares, la translucidez y la transparencia hacen el objeto muy variable cuando existe un movimiento. Esta variación también la estudiaremos más adelante.

En arquitectura están apareciendo materiales que cambian debido a alguna acción provocada o elementos compuestos que pueden pasar de una opacidad total a una translucidez o incluso una transparencia total y viceversa (Figura 312).



Figura 312

iii. *Cambio de luz interna o emisora*

Existen objetos que emiten luz, y esta luz puede cambiar. El cambio más usual es el que se produce cuando hay un cambio de temperatura o energía interna, donde se aprecia un cambio en su luz interna. También la luz interna puede ser artificial provocada por una fuente de energía o un generador artificial (Figura 313).

El cambio de luz interna puede ser por la aparición o desaparición de intermitencia, por cambio químico del material auto-iluminante, por cambio de posición u orientación de la luz, por cambio de la forma de la luz, etc.



Figura 313

En la actualidad, infinidad de edificios cambian su apariencia con la inclusión de luces artificiales. Estas pueden aparecer por diferentes motivos. Pueden servir como iluminación del edificio, como elementos decorativos, e incluso como elementos publicitarios (Figura 314).

EJEMPLO DE VARIABILIDAD EN LA EMISIÓN DE LUZ EN UN EDIFICIO



Figura 314

2. Cambios en el entorno o en la escena del objeto

Cuando queremos observar un objeto de forma completa, es prácticamente imposible obtener una imagen donde sólo aparezca el objeto. Lo normal es que aparezca parte de la escena o del entorno en el que se sitúa dicho objeto. La interacción con dicha escena o fondo puede hacer que la apariencia del objeto se modifique en gran medida.

Esta acción visual tiene el mismo fundamento que el principio perceptual de *figura-fondo*, donde la apariencia de la figura cambia cuando cambia su fondo, y de la misma forma se ve influida por la *interacción del color*, que nos muestra como un color puede parecer dos colores diferentes o como dos colores pueden parecer el mismo, en función de la interacción que aparece entre las formas y colores adyacentes que forman la imagen (Figura 315).

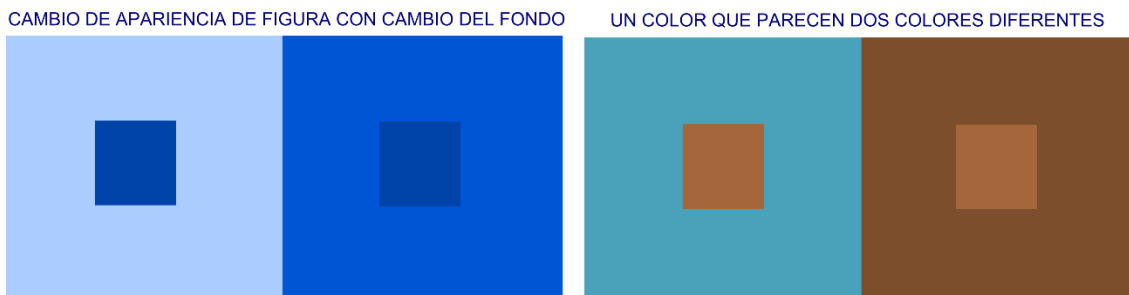


Figura 315

Por lo tanto, aunque el objeto mismo no cambie, si su entorno o escena cambia su apariencia también será afectada y de esta manera modificada. Para que cambie una escena, no es necesario que cambie en su totalidad. Con que cambien ciertos elementos o características que interaccionen con la figura del objeto es suficiente para que afecten a su apariencia.

La luz que ilumina el objeto y la escena es el elemento que más influye en el cambio de apariencia, por lo que lo estudiaremos en un punto a parte dedicado exclusivamente a esta acción.

a. Cambios de interior a exterior y viceversa

A parte de los cambios de apariencia que puede ocasionar la luz, un gran cambio se observa cuando una escena pasa de interior a exterior, viceversa o a un punto intermedio.

Por ejemplo, un objeto con unas cortinas de fondo en una escena interior cambia totalmente si las cortinas se abren y muestran la escena exterior que queda detrás (Figura 316). Lo normal es pasar a un punto medio, es decir cuando se abre o cierra una abertura donde seguimos viendo parte de la escena previa y la otra parte de la escena posterior aparece o desaparece.

CAMBIO DE APARIENCIA AL ABRIR Y CERRAR UNA ESCENA INTERIOR



Figura 316

b. Cambios en escenas exteriores

En la variabilidad de escenas exteriores, aparece un gran cambio cuando hay una evolución brusca en el cielo o en la climatología (Figura 317). El cambio en el color del cielo, en las nubes y la atmosfera puede hacer que un objeto cambie totalmente su apariencia, sobre todo si éste es elevado o la perspectiva va dirigida hacia arriba.

CAMBIO DE APARIENCIA CON EL CAMBIO DEL CIELO

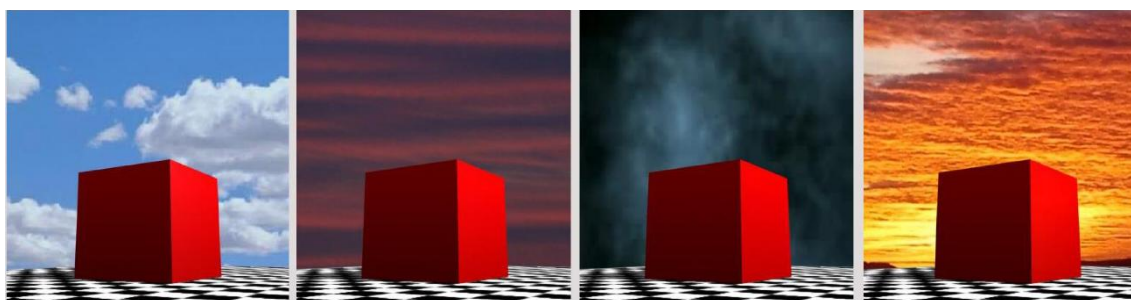


Figura 317

Los elementos fijos y sobre todo los que definen el skyline no suelen aparecer muchos cambios a corto plazo, y si estos aparecen suele ser en una escala de tiempo amplia o en casos excepcionales. Por ejemplo, en la escena natural vemos ejemplos con la aparición o desaparición de árboles o con cambios estacionales de hoja, o por ejemplo cuando aparece la vegetación recubierta de nieve. Por otro lado, en la escena urbana observamos cambios por ejemplo con la construcción y elevación de edificios o con la demolición de éstos.

El suelo también puede cambiar, solo hace falta que llueva para observar como su apariencia cambia. Por ejemplo, un charco en el suelo se puede convertirse en una superficie totalmente brillante e incluso especular (Figura 318).

CAMBIO DE APARIENCIA DEBIDO A LA LLUVIA

CAMBIO DEBIDO A ELEMENTOS MÓVILES

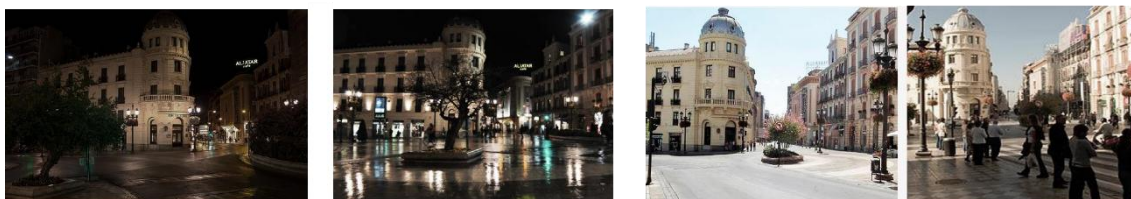


Figura 318

En escenas exteriores, sobre todo las urbanas se observan grandes cambios de apariencia con el desplazamiento de elementos móviles como personas, vehículos, máquinas, animales, etc. Los cambios son más señalados cuando estos elementos se sitúan delante del objeto, es decir cuando producen un traslape. Los objetos que se mueven alrededor de la figura o tras de ella, afectan en menor grado a la variabilidad de su apariencia.

c. *Cambios en escenas interiores*

En escenarios interiores, los cambios mayores aparecen con el desplazamiento de elementos móviles. Aquí, a parte de los anteriormente comentados, el cambio de posición de los muebles también entra en acción (Figura 319).

CAMBIO DE APARIENCIA INTERIOR DEBIDO AL CAMBIO DE POSICIÓN DE ELEMENTO MÓVILES



Figura 319

A parte del mobiliario, también pueden observarse cambios con modificaciones de los elementos estructurales. Movimientos en la escena sobre techos y paramentos pueden ocurrir modificando también la apariencia del objeto que se sitúa en la escena interior.

3. *Cambios en la luz*

La luz que ilumina la escena actúa en gran medida sobre la apariencia de los objetos que aparecen en ésta. Con la ausencia de luz no podemos ver ningún objeto. Una vez que se hace presente, nos permite ver un mismo objeto de formas muy diversas en función de cómo se produzca y se activen sus cualidades, características, así como posibles combinaciones.

La variación o cambio de estos factores son los siguientes:

a. *Cambio de intensidad*

La intensidad de la luz es la cantidad de luz que ilumina la escena. Con intensidad nula o baja no podemos ver bien un objeto y según ésta va aumentando observamos mejor las cualidades de apariencia del objeto. Cuando la intensidad supera ciertos límites, la visión de la escena se hace incómoda e incluso podemos llegar a deslumbrarnos debido a la gran cantidad de luz que llega a nuestros ojos (Figura 320).

DIFERENTES GRADOS DE INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN EN UNA ESCENA

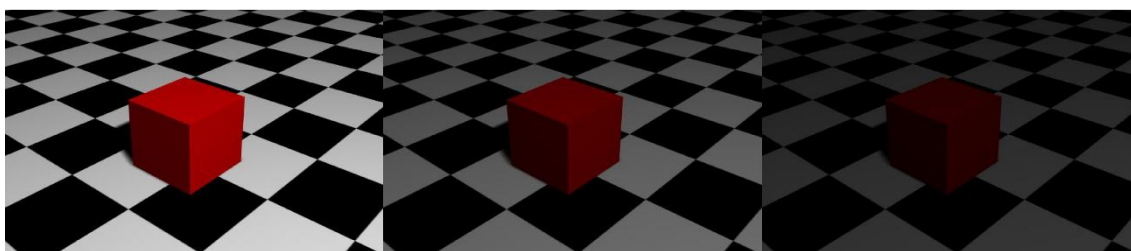


Figura 320

En torno a la intensidad tenemos dos tipos de luces. Las que siempre ofrecen la misma intensidad y las variables. Las que siempre ofrecen la misma intensidad no cambian la apariencia en el objeto, mientras que las otras sí lo hacen.

En escenarios exteriores diurnos, la luz que ilumina los objetos arquitectónicos es la del sol. La luz del sol cambia de intensidad en función de la distancia a la tierra y cuando se ve tapada o descubierta por nubes de mayor o menor densidad. También pierde intensidad cuando el sol está saliendo o poniéndose.

En escenarios interiores o nocturnos, la intensidad la ofrecen las luces artificiales. Existen luces que se pueden regular en intensidad o luces que sumadas a otras aumentan la intensidad general de la escena. En escenarios exteriores nocturnos la intensidad también se ve un poco afectada por la acción del reflejo luminoso de la luna llena, la cual puede llegar incluso a crear sombras.

b. Cambio del color de la luz

No toda la luz es blanca. Una luz blanca nos permite ver toda la gama de los colores que los diferentes objetos nos pueden ofrecer, sin embargo según la luz va cambiando de color se nos va anulando la posibilidad de ver algunos de los colores que éstos pueden reflejar (Figura 321).

DIFERENTES LUCES COLOREADAS EN LA ILUMINACIÓN EN UNA ESCENA

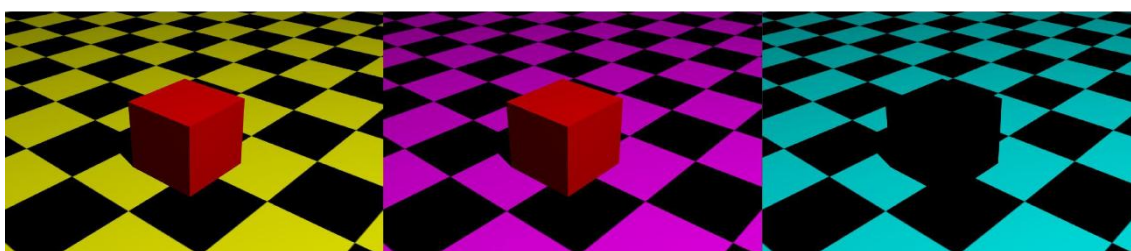


Figura 321

Por lo tanto, una luz que cambie de color afectará a la apariencia de un objeto en función de la variación de colores con los que ilumine y en función del color del objeto.

Existen multitud de entornos y escenarios arquitectónicos donde la luz que ilumina no es totalmente blanca. En exteriores la luz del sol cambia de tonalidad a la vez que de intensidad, es decir en la puesta y en la salida.

En cuanto a luces artificiales, según el tipo ofrecerá un blanco diferente. No es lo mismo la luz blanca del sol, que el de una bombilla o que el de un fluorescente. De igual forma, existen luces artificiales de colores que se utilizan con fines muy diversos.

c. Cambio de la tipología de la luz

Las fuentes de luz pueden tener diferentes cualidades formales y éstas afectan en la proyección sobre el objeto (Figura 322). Dentro de los tipos de fuentes emisoras podemos encontrar como más usuales las siguientes:

i. *Omnidireccionales*

Son luces puntuales que emiten luz en todas las direcciones del espacio. Un ejemplo de tipo de luz omnidireccional puede ser la del sol o cualquier estrella.

ii. *Focales*

Son luces que emiten luz hacia una dirección concreta. Pueden ser de tipo lineal o cónico. Las lineales mantienen constante siempre el espesor del cañón iluminante. Las cónicas hacen que el foco de iluminación se abra más o menos sobre la zona iluminada. Este tipo suele ser muy habitual en la iluminación artificial.

iii. *Lineales*

Son luces que se desarrollan según una dirección que puede ser recta o curva. Este tipo de luz es muy útil para hacer dirigir en un sentido concreto del espacio.

iv. *Difusas*

Suelen ser luminarias que utilizan superficies difusoras con el fin de evitar un ambiente con luces directas.

DIFERENTES TIPOS DE LUZ EN LA ILUMINACIÓN EN UNA ESCENA

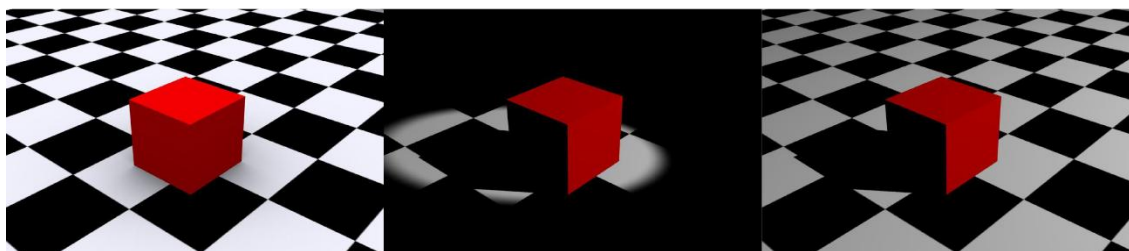


Figura 322

En escenarios exteriores, el tipo de luz es la omnidireccional del sol, pero cuando llega la noche o en escenarios interiores es usual encontrar todo tipo de luces artificiales que se utilizan con fines de alumbramiento diversos y por lo tanto con edificios o elementos arquitectónicos con varias posibilidades de combinación entre estos tipos.

d. *Cambio de movimiento en la luz*

El movimiento de la luz también afecta al cambio de apariencia. Una luz puede estar estática y empezar a moverse como la luz de una vela o linterna, puede estar moviéndose constantemente como el sol o puede moverse y cambiar de dirección como las luces de un coche. Según se desplace la luz, iluminará unas partes del objeto u otras lo que provocará cambios evidentes en su imagen (Figura 323).

Por otro lado, el movimiento de la luz, provoca también movimiento en las sombras que actúan sobre el objeto y la escena. Estas sombras afectan en gran medida a la apariencia de un objeto, ya que al oscurecer ciertas zonas pueden hacer desaparecer visualmente algunas partes de éste. En escenarios exteriores, la luz del sol está constantemente en movimiento.

DIFERENTES POSICIONES DE UNA LUZ EN LA ILUMINACIÓN EN UNA ESCENA

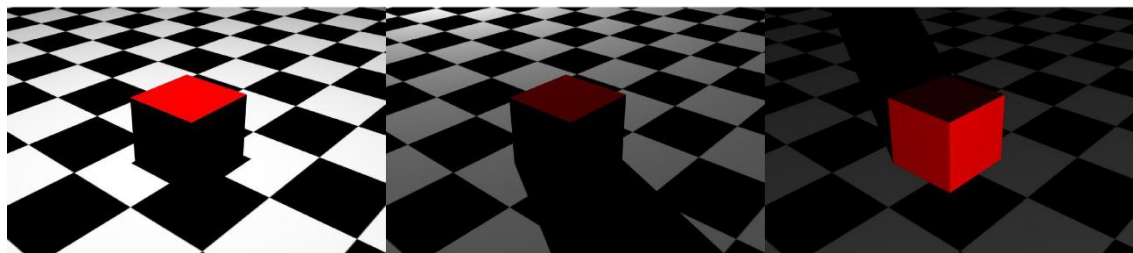


Figura 323

Tal y como comentamos, los objetos brillante y especulares varían de apariencia cuando existe movimiento. En el caso de movimiento de la iluminación se debe a que según se va desplazando la luz también se va desplazando el brillo que refleja su superficie, por lo que cambia también la apariencia del objeto (Figura 324).

CAMBIO DE APARIENCIA POR BRILLO DEBIDO AL MOVIMIENTO DE LA ILUMINACIÓN

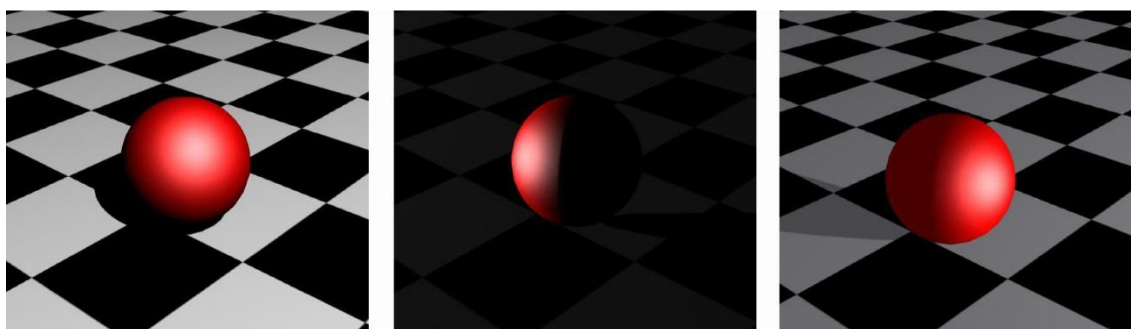


Figura 324

Por otro lado, la apariencia de un objeto transparente o translucido varía también con el movimiento. En el caso del movimiento de la iluminación, según esta se mueve los elementos que quedan detrás del objeto cambian su apariencia modificando a su vez la apariencia del objeto translucido o transparente.

e. *Cambio por adición o sustracción de nuevas luces*

Muchas escenas están iluminadas con varias luces a la vez. La inclusión de nuevas luces o la desaparición de otras provoca variación en el aspecto de los objetos que forman la escena. Un ejemplo evidente es el de las luces de una discoteca con capacidad para crear múltiples ambientes. La adición o sustracción de luces afecta a la intensidad, al color, a la direccionalidad y al tipo de luces por lo que se puede entender como una combinación de éstas.

Por otro lado, dentro de la adición de luces debemos hablar del efecto debido a la radiosidad. Objetos que no son fuentes de luz, pero que reflejan parte de la luz que les llega se convierten en pequeños emisores y a veces actuando en conjunto o con superficies de gran tamaño pueden llegar a cambiar la percepción visual del objeto.

En escenarios exteriores diurnos lo que más afecta es la radiosidad. Un elemento arquitectónico puede verse afectado en su imagen por la acción de los elementos que le rodean, sobre todo si éstos reflejan gran parte de la luz que les llega.

En escenarios interiores y nocturnos también afecta la radiosidad, sin embargo en estos casos afecta más la adición y sustracción de luces artificiales.

f. *Combinación de varias de la anteriores*

Cuando existe cambio en la iluminación de una escena, es habitual que se produzcan combinaciones de varios de los factores que acabamos de comentar a la vez. En principio, no tiene por qué darse el caso de que sea mediante adicción o sustracción de luces. Por ejemplo, la sola luz del sol cambia de intensidad, de color y de posición cambiando totalmente la apariencia de una escena.

Cuanto más factores actúen simultáneamente cambiando las condiciones de iluminación inicial el cambio de apariencia en la escena y los objetos que aparezcan en ella será mayor (Figura 325).

DIFERENTES COMBINACIONES DE LUZ EN LA ILUMINACIÓN EN UNA ESCENA

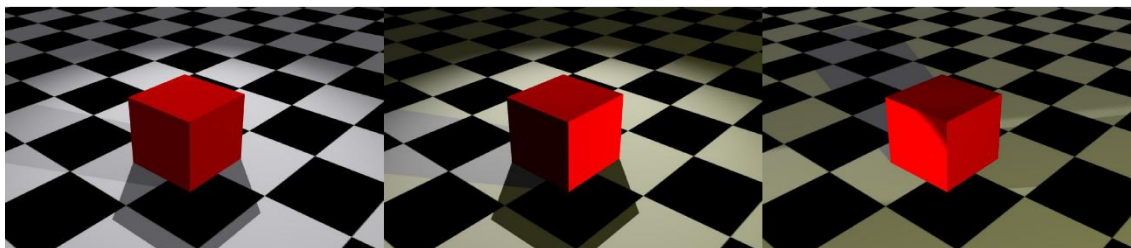


Figura 325

La variabilidad de características lumínicas del sol produce grandes cambios en la apariencia de la arquitectura exterior. La imagen de un mismo elemento en cuestión de unos minutos puede cambiar totalmente, si además esta variabilidad se mezcla con la de otras luces artificiales entonces el cambio visual se acrecienta.

En definitiva, todas estas características lumínicas afectan en gran medida a la apariencia de todo objeto y en concreto al objeto arquitectónico. Tanto en escenas urbanas y arquitectónicas, ya sean exteriores o interiores, la luz suele variar constantemente y esta variación influye notablemente en como vemos la arquitectura (Figura 326).

DIFERENTES APARIENCIAS DE UN EDIFICIO CON EL CAMBIO DE ILUMINACIÓN



Figura 326

4. Cambios visuales en el observador

La apariencia de un objeto puede cambiar totalmente dependiendo del punto de vista desde donde sea observado. También puede cambiar en función de la distancia y del encuadre visual que se realice sobre este. Puede cambiar en función de la parte sobre la que se centre la atención o se enfoque la mirada, e incluso puede cambiar en función de cómo nuestros órganos visuales dejen pasar la luz y se adapten a ella. Eso sin contar cuando aparece alguna variación en las capacidades y cualidades del sistema visual humano respecto del observador medio.

Por lo tanto, podemos establecer los siguientes cambios.

a. Cambio en el punto de vista

Al movernos vamos cambiando constantemente nuestro punto de vista y la perspectiva del espacio que nos rodea. No hace falta que nos desplacemos para cambiar el punto de vista, podemos girar la cabeza, el cuello y las órbitas de nuestros ojos, lo que nos permite una variación visual grande. Al igual que el movimiento de un objeto el cambio de punto de vista puede deberse a un giro, a un desplazamiento o a un movimiento mixto (Figura 327).

El punto de vista en principio está limitado al espacio de movimiento del ser humano. Aunque hoy en día, debido a los avances tecnológicos podemos obtener imágenes desde cualquier posición espacial.

DIFERENTES PERSPECTIVAS Y APARIENCIAS DE UN OBJETO

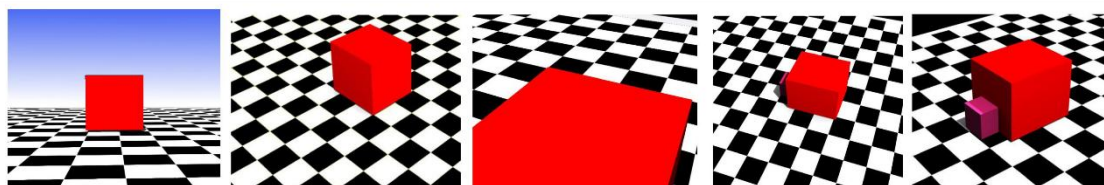


Figura 327

En el caso del movimiento del punto de vista, también existe variabilidad con objetos brillantes y translucidos. Con el cambio de perspectiva un objeto brillante o especular cambia su apariencia ya que también cambia la posición del brillo o imagen reflectante en su superficie. En el caso de objetos transparentes o translucidos, según cambiamos el punto de vista cambian los elementos que quedan detrás del objeto y de esta forma su apariencia (Figura 328).

CAMBIO DE APARIENCIA POR TRANSPARENCIA DEBIDO AL MOVIMIENTO DEL OBSERVADOR

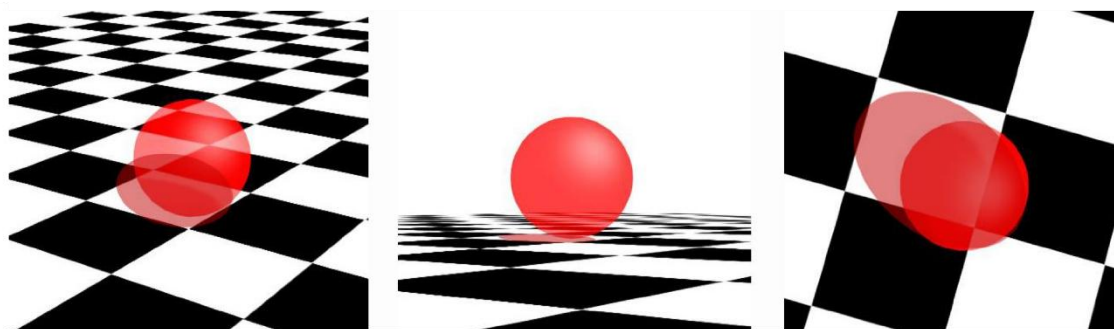


Figura 328

Un edificio o elemento arquitectónico se puede mostrar de forma totalmente diferente en función de las diferentes perspectivas que podemos obtener de él. En torno a éste, podemos rodearlo, recorrerlo, podemos movernos libremente por él, subir, bajar, entrar, salir, etc. Todas estas posibilidades hacen que podamos obtener múltiples perspectivas con su consecuente cambio de apariencia (Figura 329).

DIFERENTES PERSPECTIVAS Y APARIENCIAS DE UN OBJETO ARQUITECTÓNICO



Figura 329

b. Cambio en el marco

Al movernos también cambiamos nuestras posiciones relativas con los objetos que observamos. Si nos retiramos abrimos la amplitud del campo visual y el objeto se ve más pequeño. Según nos acercamos al objeto, este acapara más parte de nuestra imagen o marco visual hasta el punto en el que no se abarca en su totalidad. Por lo tanto, la apariencia de un objeto cambiará en función de cómo establezcamos el marco de nuestra imagen visual.

Por otro lado, también puede cambiar la forma del marco visual (Figura 330). El marco natural humano cambia cuando pasamos de ver con los dos ojos a cuando vemos solo con uno o viceversa, pero también podemos establecer marcos que limiten nuestra imagen como por ejemplo marcos cuadrados, rectangulares con diferentes proporciones, elípticos o circulares.

DIFERENTES MARCOS EN LA IMAGEN DE UN OBJETO

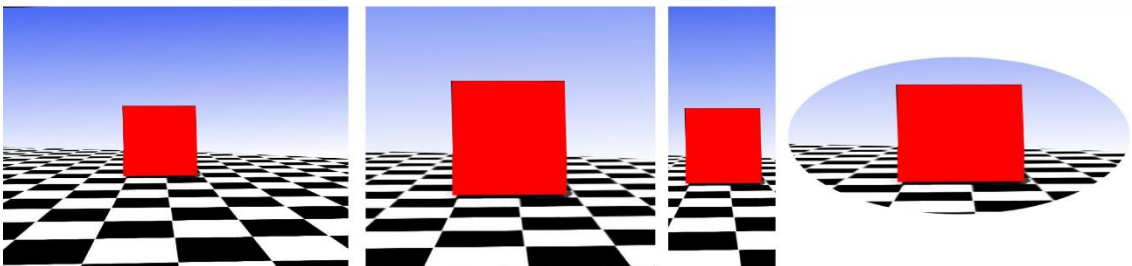


Figura 330

Cuando observamos un objeto arquitectónico influye en la imagen la distancia a la que nos encontremos de éste e influye también el medio a través de donde lo estemos mirando (Figura 331).

DIFERENTES MARCOS EN LA IMAGEN DE UN OBJETO ARQUITECTÓNICO



Figura 331

c. *Cambio en el enfoque*

Dentro de una imagen podemos atender a diferentes elementos o figuras. Cuando hacemos esta operación, generalmente realizamos un enfoque sobre estos elementos, es decir seleccionamos la parte central de nuestro campo visual que nos permite ver con más nitidez y por lo tanto, los elementos periféricos se perciben peor perdiéndose detalles de su apariencia (Figura 332).



Figura 332

Si nos fijamos en un detalle de un elemento arquitectónico y obviamos el resto, posiblemente tengamos un déficit de información visual del resto del elemento. Por lo tanto, la imagen de este no será la misma que cuando recorremos visualmente un mismo elemento atendiendo a todos los elementos que lo forman (Figura 333).



Figura 333

d. *Cambio en la adaptación a la luz*

Cuando hay un cambio grande de intensidad de luz, no sólo afecta a la luz que nos llega desde el objeto observado. Nuestros órganos visuales también sufren una adaptación a esta iluminación, provocando de esta forma un cambio en la visión de estos objetos.

Cada vez que pasamos de un lugar muy iluminado a un lugar poco iluminado, sufrimos un proceso de adaptación a la nueva iluminación, como por ejemplo cuando pasamos de un exterior soleado a un espacio interior oscuro. De igual forma, aparece en el proceso contrario, es decir cuando pasamos de un lugar oscuro a uno muy iluminado. Estas adaptaciones hacen que la apariencia de los objetos que vemos cuando empieza la adaptación a cuando termina sean diferentes.

e. *Cambios en las cualidades de los órganos visuales.*

Todos los humanos tenemos unas capacidades y cualidades visuales diferentes. Cuando una persona se aleja de las características del observador medio, puede llegar a percibir objetos con una apariencia muy distinta a como lo hacen las personas que se acercan a la media. Casos evidentes son el daltonismo, las cataratas y otras deficiencias visuales (Figura 334).



Figura 334

Las cataratas y el daltonismo en principio no son procesos reversibles inmediatos, pero por poner un ejemplo, si un individuo con ciertas deficiencias visuales se pone o se quita sus gafas graduadas experimentará grandes cambios de apariencia con seguridad.

5. Cambios en varios de los factores a la vez

Aunque hemos estudiado cada factor de cambio de forma aislada, lo normal es que actúen varios factores a la vez. A continuación vamos a mostrar algunos ejemplos del cambio de varios factores sobre una imagen de un objeto con unas condiciones visuales iniciales dadas.

En el primer ejemplo (Figura 335) mostramos un cubo de madera en una situación 1 en la cual se encuentra iluminado con una luz diurna con una perspectiva concreta. En la situación 2, el cubo ha sido modificado formalmente mediante perforaciones cuadradas y superficialmente mediante modificación de su factura, por otro lado se han incluido luces omnipotentes y se ha cambiado la perspectiva.



Figura 335

En el segundo ejemplo (Figura 335), tenemos un cubo de metal de igual forma, con la misma luz e igual punto de vista que el cubo de madera de la situación 1, en este caso cambia a una situación 2 donde se le añaden protuberancias lobulares, con tratamiento superficial y de vértices, con cambio también de iluminación y de perspectiva.

El cambio de varios factores a la vez en escenas arquitectónicas es lo normal, por lo que en el transcurso de unas horas podemos experimentar apariencias muy diversas (Figura 336).

COMBINACIÓN DE FACTORES ACTUANDO SOBRE LA APARIENCIA DE LA ARQUITECTURA



Figura 336

5.4.5. LOS OBJETOS EN LA MENTE**5.4.5.1. La categorización de objetos**

Como hemos visto en el proceso perceptual, la categorización es la parte del proceso por la cual clasificamos los objetos dentro de categorías. Con la categorización respondemos a la pregunta *¿Qué es eso?*, es la identificación del objeto atendido. Por lo tanto, esta parte del proceso perceptual es indispensable para desenvolvemos adecuadamente en nuestro entorno ambiental.

La categoría se define como una división en un esquema de clasificación. Nosotros podemos definir la categorización como la manera de resolver el problema de percibir información funcional relevante, tal y como lo hace Valera²⁵⁸; "...Se trata de clasificar a un objeto dentro de una clase y, por eso, a ese acto de clasificación, lo llaman proceso de categorización..."

Al desenvolvemos por nuestro entorno, objetualizamos todo, es decir todo nuestro entorno se conforma como un conjunto de objetos dotados de significado e interaccionados. Estos objetos se adaptan a alguna clase o categoría de concepción mental esquematizada en nuestro cerebro o memoria.

La información que utilizamos para categorizar es la sensorial, mayoritariamente usamos información visual del estímulo recibido. Las cualidades sensoriales obtenidas del objeto se procesan como signos visuales en la categorización. Estas cualidades ya dotadas de significación nos informan del objeto atendido e incluimos el objeto dentro de una clase concreta conceptualizada en nuestro cerebro. La concepción de objeto se explicó en (5.1.2.7↔5.4.3.5↔5.4.5.1). Cuando las cualidades formales del objeto observado no son reconocidas entonces creamos una catalogación visual nueva.

Por lo tanto, en la categorización traducimos lo sensorial en información catalogable dentro de alguna clase o categoría de nuestros objetos conocidos. En el desarrollo de nuestra actividad vital categorizamos continuamente. Constantemente contrastamos la información funcional relevante que percibimos. Por ejemplo en el acto de buscar, vamos discriminando hasta llegar al objeto necesitado. Eso no es, eso no es, esto sí es. Cuando detectamos rasgos que se adaptan a los

²⁵⁸ VALERA, Sergi. 2009. *Psicología ambiental*. (Barcelona: Universitat de Barcelona)

catalogados aparece el reconocimiento. Estos rasgos que nos transmite la información sensorial visual son signos. Asociamos al detectar signos visuales con los almacenados en nuestro cerebro. Evidentemente esta asociación no es infalible. Todos nos hemos equivocado alguna vez al reconocer algo que finalmente no era.

En nuestra biblioteca visual mental, cada uno tenemos una serie de categorías donde vamos asignando los objetos que atendemos según se ajustan a las cualidades visuales o signos que hemos establecido para dicha clase. Por lo tanto las cualidades y cantidades de categorías que tenemos dependen de las experiencias y lo aprendido por cada uno.

El reconocimiento y la categorización están directamente relacionados con nuestra expresión verbal es decir los objetos tienen nombre y al desenvolvernos en nuestro mundo los nombramos. Todo objeto que tiene nombre además tiene una definición. En la definición verbal de un objeto, ya podemos encontrar rasgos formales que buscamos al reconocerlo, así como su interacción con otros objetos. Por ejemplo, en el diccionario Real de la Lengua Española²⁵⁹ si buscamos la definición de venta nos encontramos con; *“ventana. (Del lat. ventus).1. f. Abertura más o menos elevada sobre el suelo, que se deja en una pared para dar luz y ventilación”*. Por lo tanto, todos los objetos que veamos (Figura 337) que cumplan estas cualidades serán ventana.

CATEGORIZACIÓN DEL OBJETO “VENTANA”



Figura 337

Los nombres también se encuentran almacenados en nuestra memoria. Nombre y signos visuales están asociados pero no alojados en el mismo cajón de nuestro cerebro (Figura 338), lo advertimos cuando por ejemplo, tenemos nítido el rostro de un actor conocido pero no podemos acordarnos de su nombre.

²⁵⁹ RAE. 2001. *Diccionario de la lengua española* (España, Madrid: Real Academia Española.22.a ed.)

INTERACCIÓN ENTRE LOS ESQUEMAS VERBAL, VISUAL Y FUNCIONAL

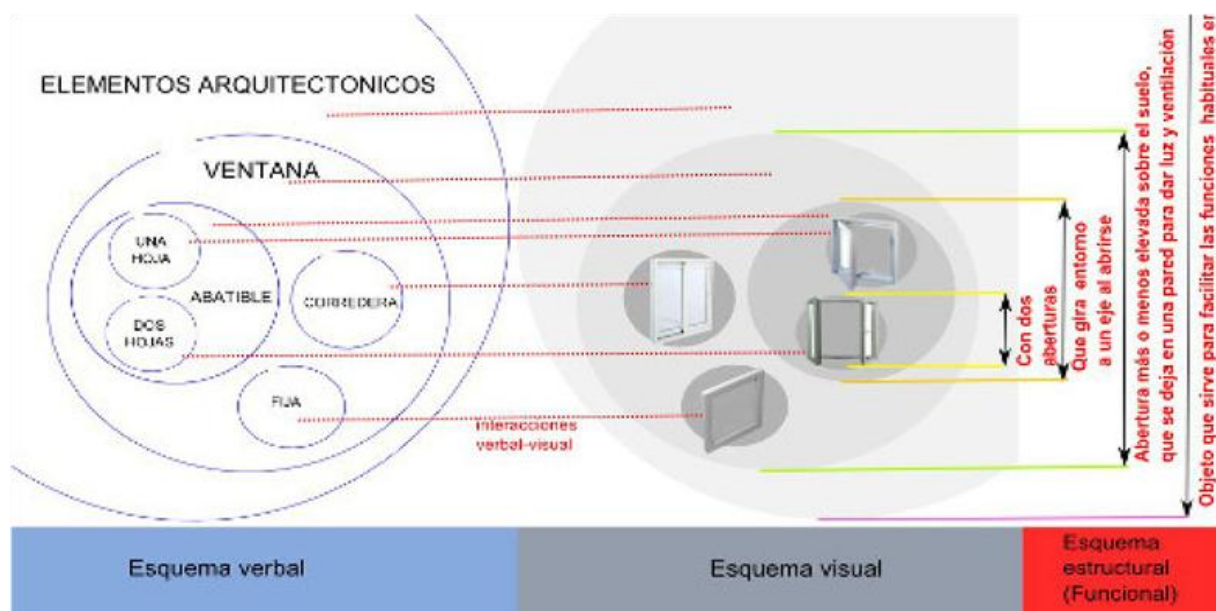


Figura 338

Las categorías se estructuran según la función o el sentido del objeto catalogado, responden a cuestiones relevantes para el sujeto como *¿para qué sirve?*, *¿qué hace?* Por lo tanto, son cuestiones que se responden dando significado a cada objeto.

En el ejemplo de la ventana, puede haber multitud de ventanas con formas diferentes, pero para entrar dentro de la clase "ventana" todas deberían de cumplir su función. En nuestro estudio, los objetos son sistemas materiales artificiales, y por lo tanto satisfacen alguna necesidad al realizar su función, por lo que existe una relación directa entre forma y función, la cual no podemos desligar. Por lo tanto, la categorización será formal-funcional con interacción verbal. Funcional como sistema de estructuración de las diferentes categorías y formal como asociación de signos visuales interaccionados a signos verbales del lenguaje.

Por lo tanto, en el objeto ventana, materialmente debe existir una "abertura", pero además un "paramento" en el cual se inserta, si no, no estará cumpliendo su función, por ejemplo una ventana encajada en un suelo opaco deja de tener sentido. Por lo tanto, abertura, paramento y la adecuada interacción entre ambos serán los signos visuales que nos ayudaran a identificar el objeto ventana y asociarlo dentro de nuestra clasificación de objetos conocidos que cumplen la función de dejar pasar la luz y la ventilación en un paramento arquitectónico.

Evidentemente, podemos encontrarnos objetos que realizan la misma función y que son totalmente diferentes perteneciendo a la misma categoría. Un ejemplo de objetos cotidianos con formas diferentes lo podemos encontrar en los teléfonos (Figura 339). En este caso, tenemos diferentes modelos con rasgos o signos visuales que los definen diferentes pero que atienden a una misma categoría y nombre, ya que la cualidad clave que estructura su categorización es su función.

LA CATEGORÍA "TELÉFONO" CON FORMAS Y APARIENCIAS DIVERSAS



Figura 339

Esta característica es muy típica de los objetos arquitectónicos, podemos encontrarnos edificios totalmente diferentes que realizan la misma función. Por ejemplo en edificios religiosos como las iglesias. Por lo tanto, podemos encontrar objetos formales totalmente diferentes pero todos atendiendo a un mismo sentido o categoría funcional (Figura 340).

LA CATEGORÍA "IGLESIAS" CON FORMAS Y APARIENCIAS DIVERSAS



Figura 340

Cuando el objeto que atendemos es nuevo para nosotros, es porque no detectamos visualmente ningún rasgo en el que encuadrarlo, entonces creamos una nueva categoría en principio sin nombre y sin función, solo visual, en espera de asignación.

Mediante nuestros procesos de aprendizaje vamos ampliando nuestra biblioteca objetual. Al principio, nos enseñan, ya que esta es la forma habitual y más rápida de adquirir información. Según nos hacemos mayores además, preguntamos o buscamos la información del objeto nuevo, por ejemplo al leer su nombre, al observar cuando alguien lo usa o al experimentar como funciona. De esta forma andamos por un continuo camino de aprendizaje y ampliación de nuestros esquemas y categorías de objetos conocidos a lo largo de toda nuestra vida. Según Kandinsky²⁶⁰; *"A medida que se desarrolla el ser humano, se amplía el círculo de las cualidades que encierra en sí diferentes objetos y seres. Cuando se alcanza un alto grado de la sensibilidad, los objetos y los seres adquieren un valor interior y, finalmente, un sonido interior"*.

Tipos de objetos

En primer lugar debemos aclarar que aunque pueden existir diferentes tipologías de objetos, incluyendo los inmateriales. En nuestro caso, evidentemente solo nos interesan objetos físicos materiales, es decir dotados de materia, con forma tridimensional y que pueden ser captados por nuestra visión. La diferencia entre un objeto material natural y un objeto material artificial es que estos últimos han sido creados por el hombre para cumplir una función que directa o indirectamente satisface alguna necesidad.

Sabiendo que todos los objetos son únicos físicamente, podemos decir que existen objetos únicos e incomparables. Es

²⁶⁰ KANDINSKY, Vasili Vasilievich. 1995. De lo espiritual en el arte. (Barcelona: Editorial Labor)

decir cuya forma y/o cualidades aparentes son únicas. Dentro de este grupo podemos encontrar multitud de obras artísticas y arquitectónicas. Ejemplos son (Figura 341); la escultura de Chillida, la obra “*Cloud Gate*” de Anish Kapoor en Chicago, o el *Guggenheim* de Frank Lloyd Wright.

OBJETOS ÚNICOS EN EL ARTE Y LA ARQUITECTURA



Figura 341

Los rasgos o signos visuales que definen los objetos únicos no tienen vinculantes en común con otros objetos que hayamos visto antes, solo con sí mismos si los hemos visto anteriormente en el pasado.

Un objeto nuevo o visto por primera vez pertenece a esta tipología. En el momento en que nos encontramos con otro objeto diferente pero que cumpla las mismas características, lo incluimos en la misma categoría y deja de ser único y nuevo. La cualidad de la unicidad no es fácil de detectar, ya que nuestro catálogo visual suele ser muy amplio y variado. En el caso de encontrarnos con un objeto atendido de este tipo, suele captar nuestro interés debido a la perturbación que crean sus cualidades al insertarse en un paisaje o entorno habitual o reconocido.

Los objetos iguales entonces son aquellos que comparten su forma y sus cualidades aparentes en su totalidad. De este tipo podemos encontrar todos los objetos que han sido fabricados en serie siguiendo exactamente los mismos procesos (Figura 342a), ejemplos son coches, farolas o bancos urbanos.

OBJETOS SEMEJANTES “VEHÍCULOS”



TOTALMENTE IGUALES

CON VARIACIÓN DE COLOR

CON VARIACIÓN DE FORMA

Figura 342

Debemos de aclarar que son iguales visualmente en el momento de salir de la fábrica porque a partir de ahí comienza su fase de uso y deterioro, las cuales van creando cambios notables en su apariencia según pasa el tiempo. La existencia de objetos iguales hace que algunas veces tengamos problemas en reconocer un objeto físico concreto, por eso también se crean objetos de igual forma, pero con alguna variación aparente. Como ejemplo de este tipo podemos poner el de coche con color diferente (Figura 342b). En otro lugar están los objetos reconocidos con algunos rasgos formales iguales y con otros rasgos diferentes como por ejemplo las variaciones del modelo de un coche 3p y 5p (Figura 342c).

En arquitectura también podemos encontrarnos con estos tipos de objetos (Figura 343), o sea elementos singulares y únicos, objetos iguales repetidos, objetos de igual forma y diferente color y objetos similares con alguna modificación.

OBJETOS SEMEJANTES "ARQUITECTURAS"



Figura 343

En el caso más distante de reconocimiento formal podemos encontrarnos con objetos con forma diferente pero que comparten la misma topología. Estos son identificados y clasificados en la misma categoría visual, al ser la cualidad topológica el signo identificador base en su catalogación. Un ejemplo lo podemos encontrar al observar dos tazas (Figura 344) una cuadrada y otra redonda.

SEMEJANZA TOPOLÓGICA EN DOS TAZAS



Figura 344

Sin embargo, la categorización no es siempre inmediata y podemos encontrarnos en situaciones de confusión. En algunos casos nos podemos encontrar con objetos ambiguos, es decir, objetos que comparten rasgos de dos o más tipos de catalogaciones. Esto, evidentemente nos suscita dudas, ya que no tenemos claro si incluirlos en una clase u otra ante su manifiesta ambigüedad. En este caso, solemos prestarle más atención y obtener otras perspectivas e interacciones con el objeto con el fin de concretar su categorización. Un ejemplo es cuando observamos una ilusión óptica.

Por otro lado, los objetos visibles también atienden a diferentes tipos de niveles composicionales tal y como vimos (5.1.2.7↔5.4.5.1). Podemos decir que al establecer objetos vamos creando diferentes niveles en función de su composición, de esta forma observamos que paralelamente a la cualidad de composición suele ir ligada la cualidad dimensional o de tamaño. Un primer nivel sería el de aquellos objetos materiales visibles e indivisibles, es decir un único elemento formado por un solo material, sin uniones ni juntas. Este tipo de objeto si lo queremos descomponer tenemos que romperlo, por ejemplo un tornillo. En un segundo nivel nos encontraríamos con un objeto formado por un conjunto de objetos de primer nivel por ejemplo una manilla de una puerta, la cual estaría compuesta por un asa, una plataforma de sujeción, un eje, una cerradura y unos tornillos. En tercer lugar nos encontraríamos con un objeto formado por objetos de segundo nivel, por ejemplo una puerta. El siguiente nivel podría ser por ejemplo un edificio. El subsiguiente, un conjunto de edificios agrupados. El nivel superior sería un entorno urbano como el que forma una plaza. El posterior nivel sería el de un barrio. El conjunto de todos los barrios sería una ciudad. La cual estaría insertada en un territorio, de un país. Consecutivamente siguiendo este proceso podemos llegar a la tierra que pertenece a la vía láctea y que podemos ver en una noche clara de verano. De igual forma este proceso se puede realizar en el sentido contrario (Figura 345).

EJEMPLO DE NIVELES OBJETUALES

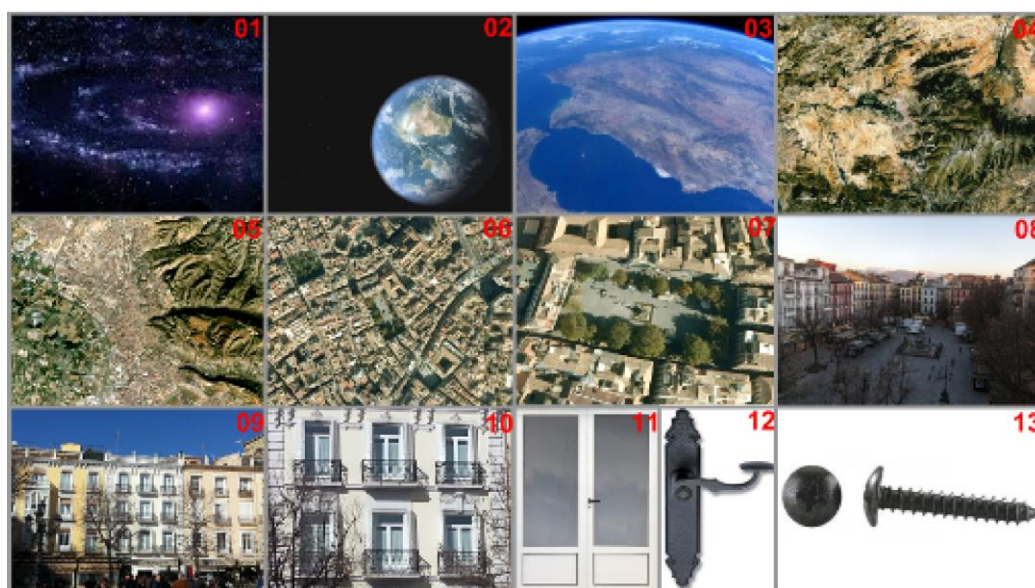


Figura 345

Visualmente encontramos los límites entre unos objetos y otros de la misma forma que lo encontramos en la forma de un objeto de primer nivel, es decir a partir de sus delimitaciones o degradados visuales como veremos un poco más adelante. Para que varios objetos visibles formen otro de nivel superior no es necesario que estén unidos físicamente. Deben compartir, por un lado la misma dimensionalidad y espacio físico, y por otro deben estar interaccionados o ligados funcionalmente.

Por otro lado, a partir de un nivel, dada la magnitud dimensional de los objetos, es muy difícil encontrar un punto de vista que abarque la totalidad del objeto. En el ejemplo anterior, a partir del objeto plaza nos es imposible abarcar la dimensión de los subsiguientes objetos desde solo una perspectiva, sin embargo la imagen o esquema mental si es capaz de abarcarlo por completo, eso claro está, si tenemos suficientes imágenes parciales interaccionadas que lo describan.

5.4.5.2. El almacenamiento y la reconstrucción

Todo lo que reconocemos es porque lo tenemos categorizado y almacenado en nuestra memoria. Sin memoria no podríamos reconocer nada, todo sería nuevo y no tendríamos conocimiento de nada. Sin embargo, con cada experiencia nueva nuestro conocimiento puede ampliarse, lo que implica un proceso de reconstrucción en los aspectos aprendidos.

La memoria y el conocimiento

Como ya sabemos, la percepción involucra la interacción de dos fuentes de información. La información disponible a través de nuestros sentidos y los conocimientos acumulados que almacenamos en nuestra memoria.

Haciendo referencia a García Gutiérrez²⁶¹ ;

“...La memoria es uno de los logros más extraordinarios de la evolución mental humana. Aunque los animales también la poseen, su capacidad no puede con la nuestra. Si no tuviésemos memoria, el

²⁶¹ GARCÍA GUTIÉRREZ, José María .1996. *Psicología*. (Madrid: Ediciones Laberinto)

aprendizaje sería inútil; nos resultaría imposible sobrevivir en un mundo altamente cambiante y ni tendríamos el sentido de la identidad personal. En ella también se asientan algunas de las más altas funciones humanas: el lenguaje, el pensamiento, la capacidad para prever y planificar el futuro, etc. La memoria no es sólo un registro nos permite recordar sucesos, objetos, emociones y sentimientos pasados, sino que está íntimamente relacionada con la totalidad de los procesos pensamiento.

Durante algún tiempo se creyó que la memoria era una entidad singular y, por lo tanto, se hallaba localizada en una zona concreta del cerebro. Pero partir de los años 50, comenzó a admitirse gradualmente que la memoria está compuesta por innumerables componentes, los cuales se distribuyen a lo largo de redes neuronales que actúan dentro de numerosas estructuras del cerebro. Por lo tanto, la memoria no funciona de forma unitaria, ya que está formada por una serie de sistemas, cada uno de los cuales posee finalidades y funciones diferentes, aunque se hallen interconectados entre sí gracias a mecanismos aún desconocidos. En otras palabras, existen muchas memorias diferentes: olfativa, visual, lógica, analítica, lingüística, asociativa, etc..."

Existen dos grandes modelos teóricos que tratan de explicar el funcionamiento de la memoria: *el conductista y el cognitivo*. Perviven dentro de cada uno de ellos subteorías con pequeñas diferencias de matices, las líneas generales de ambos son las siguientes:

El primero se inspira en el empirismo de Locke y Hume. Su punto de partida arranca con el postulado de *tabula rasa*²⁶²: *"el ser humano, al nacer, es un papel en blanco. Con el paso del tiempo van grabándose en su cerebro las experiencias vividas. La memoria consiste en establecer relaciones de asociación entre elementos percibidos"*.

Aplicando a la memoria algunas leyes del aprendizaje, los conductistas afirmaron que el recuerdo depende cuantitativamente del ejercicio o uso de la información almacenada. Así, el olvido sería fruto exclusivo del desuso. Su concepción de la memoria es, pues, rígida, ya que ignoran las posibles influencias de las emociones o la afectividad. Tampoco tienen en cuenta las que se establecen entre los datos sensibles del presente inmediato y los recuerdos o conocimientos previos del sujeto.

En cambio, la psicología cognitiva, y en especial Bartlett, llamado la atención sobre el carácter activo de la memoria, ya que ésta no se limita a reproducir estrictamente lo captado en un pretérito más o menos cercano, sino que llega a construir sus propios recuerdos. Lo que evocamos ha sido sometido a una estructuración e interpretación según los esquemas propios de cada sujeto, el cual selecciona ciertos aspectos del recuerdo mientras olvida otros. Los cognostivistas insisten en la función dinámica de la memoria, concibiéndola como un proceso constructivo íntimamente relacionado con otras facultades del psiquismo. La efectividad de la memoria depende del entrenamiento y aprendizaje sobre cómo usarla con mayor provecho. Por eso, podemos afirmar que en el buen funcionamiento de la memoria influyen tanto los factores genéticos como el aprendizaje. Existen numerosos métodos *mnemotécnicos* que pueden ayudarnos a incrementar la capacidad retentiva de nuestra memoria.

El proceso memorístico

En primer lugar vamos a estudiar cómo funciona el proceso memorístico, que empieza con el *almacenamiento* (guardar el material percibido), pasa a la *codificación* (clasificación de la información recibida organizándola de forma

²⁶² Idid

significativa), y a la *recuperación de la información* (acceso al almacén de la memoria para extraer la información que se necesita) que almacenamos en nuestra memoria.

El almacenamiento

El primer proceso importante de la memoria consiste en retener la información, guardarla en el cerebro. El mundo percibido, las emociones sentidas, la reflexión intelectual, se sedimentan en la memoria poco a poco, hasta hacer de nosotros lo que somos. La memoria es el fundamento de nuestra identidad.

La teoría de almacenes de memoria indica que las personas tienen una memoria que funciona en tres etapas:

- Registro Sensorial (Memoria Sensorial)
 - Memoria de Corto Plazo (Memoria de Trabajo)
 - Memoria de Largo Plazo

La memoria sensorial (MS) o Registro Sensorial

Esta memoria es muy breve y está diseñada para mantener una imagen exacta de cada experiencia sensorial hasta que pueda procesarse completamente. La experiencia sensorial es almacenada en la memoria sensorial durante un breve período de tiempo. Registra la información que obtenemos del ambiente externo fielmente. La MS es también selectiva, ya que si no fuera así los sentidos se encontrarían sobrecargados.

Tenemos memorias sensoriales para cada sentido, pero las dos más estudiadas han sido la memoria visual y la memoria auditiva. La memoria visual es conocida como *icónica* y las imágenes visuales retenidas son denominadas iconos. La memoria auditiva es conocida como *ecoica* y las imágenes auditivas retenidas son denominadas ecos.

G. Sperling investigó sobre la memoria icónica durante los años sesenta y llegó a las siguientes conclusiones:

- Un icono es una copia exacta de una imagen visual, por tanto es capaz de retener una gran cantidad de información.
- La memoria icónica dura un breve período de tiempo, aproximadamente un cuarto de segundo.
- La memoria icónica decae rápidamente y olvidamos parte de la información almacenada antes de poder transferirla a la memoria a corto plazo.

La memoria a corto plazo (MCP)

Cuando se selecciona información para un procesamiento posterior, ésta se transfiere a la memoria de corto plazo. No es necesario transferir intencionalmente la información a la memoria de corto plazo, pues basta con prestarle simplemente *atención* a la información para que sea transferida.

Dos características importantes de la memoria de corto plazo son la *duración* y la *capacidad*.

Para tener mayor capacidad en esta memoria, a veces es conveniente realizar agrupaciones de las unidades de información. La información almacenada en la MS es transferida en parte a la memoria a corto plazo, donde es retenida durante un corto período de tiempo, 15 ó 20 segundos, antes de ser transferida a la memoria a largo plazo. La MCP contiene la información que manejamos en cada momento, por eso algunos psicólogos se han referido a ella como «*memoria operativa*», ya que no se limita a retener la experiencia sensorial, sino que interpreta y organiza dicha experiencia, utilizando información almacenada previamente en la memoria a largo plazo. Se caracteriza principalmente

porque decae rápidamente, su capacidad de retención es reducida y puede ser alterada fácilmente.

La memoria a largo plazo (MLP)

Es un almacén para la información que necesita guardarse por períodos de tiempo largos.

Esta memoria es diferente a la de corto plazo en tres aspectos; el primero está relacionado en cómo se recupera la información, el segundo en la forma en que se almacena la información y el tercero, en las razones por las que se produce el olvido.

La información retenida en la MCP se pierde en parte al cabo de poco tiempo, y en parte se guarda definitivamente en la memoria a largo plazo (MLP). Ambos tipos de memoria están estrechamente relacionados, pero presentan diferencias notables. Todo lo que aprendemos pasa a través de la MCP antes de ser guardado en la MLP. Toda la información que queramos recuperar de la MLP ha de pasar a la MCP para que pueda ser utilizada.

La codificación de la información

A menudo nos preguntamos si podríamos mejorar nuestra memoria para guardar la información y recordarla cuando necesitamos. La respuesta es afirmativa. La memoria a corto plazo tiene la capacidad natural de organizar la información que maneja, y cuanto mejor la organicemos mayor dominio tendremos sobre ella. Las técnicas mnemotécnicas están orientadas a potenciar esa capacidad natural de la MCP para organizar la información. Vamos a profundizar en estos conceptos.

La teoría *multialmacén*, sugiere que el nivel de *procesamiento de la información* es el factor decisivo para su memorización. Cuanto mejor codificada está la información mayor será la probabilidad de que sea recordada. Esta teoría considera la memoria como un proceso activo y no como un mero almacén pasivo de información.

El nivel más superficial de procesamiento incluye las características sensoriales de las cosas, es decir, el aspecto que tienen, su sabor o su color, etc. El nivel intermedio de procesamiento introduce el reconocimiento de alguna pauta característica.

El nivel profundo de procesamiento atribuye significado a las percepciones. Si tomamos una palabra como ejemplo, en un nivel superficial, nos fijamos en la forma en que está escrita, por ejemplo si está en mayúsculas o minúsculas.

En un nivel intermedio podemos contrastar si rima con otras palabras o no. En un nivel profundo reconocemos la categoría a la que pertenece el objeto que designa, es decir, su significado.

Una de las razones de que el nivel de elaboración mejore la memoria se debe a que aumenta la diferenciación del material recordado, y así es menos probable que se confundan los recuerdos.

Palabras como «mar», «par», «dar», son muy parecidas en sus sonidos y se pueden confundir fácilmente en el nivel superficial de procesamiento, pero esas mismas palabras son muy distintas por su significado y, por tanto, difíciles de confundir a ese nivel de procesamiento.

Como regla general, cuanto más diferenciada sea la información, es decir, cuanto más procesada esté, más fácil será su recuerdo. Vamos a analizar cada uno de estos tipos de organización:

La recodificación consiste en combinar dos o más unidades de información en una unidad simple. Las letras, *a, m, o, r* pueden combinarse en la palabra Roma. Mediante este procedimiento condensamos la cantidad de información al nivel

más profundo.

La codificación es la transformación de la información en una forma nueva. Puede consistir en un cambio de código, como traducir de un idioma a otro, o en algo más sencillo, como codificar sílabas sin sentido en palabras, añadiendo letras. Así, la sílaba sin sentido car puede transformarse en la palabra cara añadiendo la letra a.

La asociación consiste en relacionar dos hechos. La contigüidad temporal es una gran fuente de asociaciones, sobre todo para la memoria episódica. Los hechos que se suceden en el tiempo tienden a recordarse unidos. Otra gran fuente de asociaciones es la semejanza semántica de los hechos. Si empezamos a hablar del verano es probable que terminemos hablando del invierno o cualquier otra estación del año.

La recuperación de la información

Ya sabemos que recordamos mejor la información cuando es significativa y está bien organizada, pero hay otros factores que también influyen en su recuperación.

Recordamos mejor lo primero y lo último que hemos aprendido

Si nos presentan una lista de 30 palabras es probable que nos acordemos mejor de las primeras y de las últimas, y olvidemos las intermedias

Una interpretación de este efecto sugiere que el recuerdo de las primeras palabras se produce porque los sujetos pueden pasar más tiempo procesando la información inicial y consiguen transferirla a la MLR. El recuerdo de las últimas palabras se debe al repaso continuando de esas palabras durante la prueba, y gracias a ello se mantiene en la MCP. Las palabras intermedias son desplazadas de la MCP por las posteriores sin haber tenido la posibilidad de transferirlas a la MLR. Si esta interpretación es correcta, el efecto de posición serial constituye una prueba que apoya el modelo multialmacén de Atkinson y Shiffrin.

Recordamos mejor lo raro

Si en la lista anterior apareciera una palabra rara, chocante, curiosa, que llamara nuestra atención, probablemente podríamos recordarla al final, independientemente del lugar que ocupa en la lista. Este efecto lleva el nombre del psicólogo que lo descubrió: Von Restorff.

Recordamos mejor lo que se relaciona con sucesos emocionalmente significativos

Todos recordamos sucesos de nuestra vida o de la historia que vivimos con una gran sorpresa o miedo o amor. Recordamos el accidente que nos asustó, o la muerte de un ser querido, que tanto nos dolió. Este efecto se conoce con el nombre de recuerdos vividos.

Recordamos rellenando los huecos de nuestra memoria

Cuando tratamos de recordar lo que hicimos el verano pasado, a menudo tenemos dificultades que superamos extrayendo conclusiones a partir de lo que recordamos con seguridad. Por ejemplo, podemos averiguar la fecha en que salimos de viaje si sabemos que duró 15 días, y que el día de regreso coincidió con la fiesta patronal del pueblo que también sabemos.

A veces extraemos conclusiones precipitadamente y llegamos a afirmar con total seguridad cosas que realmente no nos han sucedido en el afán por rellenar los huecos de nuestra memoria. Este efecto puede tener implicaciones muy graves en

los testimonios de testigos oculares que intervienen ante los tribunales, debido a la poca fiabilidad que pueden llegar a tener nuestros recuerdos.

El conocimiento

Nuestro conocimiento se encuentra albergado en nuestra memoria. Pero cada uno tenemos conocimientos diferentes debido a los diferentes factores que nos han afectado a lo largo de nuestra vida. Lo personal, lo aprendido, lo social y lo cultural, que cada uno llevamos en nuestra memoria, hacen que nos diferenciamos de los demás y que la percepción que tenemos del mundo sea subjetiva y única. Evidentemente estos factores interactúan entre sí dando respuestas complejas. Podemos experimentar algo afectado de conocimiento aprendido, con recuerdos de nuestra experiencia personal, y condicionado por significaciones sociales y/o culturales.

5.4.5.3. El conocimiento visual

Como hemos visto parte de nuestra memoria es visual, la forma en la que organizamos nuestros recuerdos visuales se pueden definir como esquemas mentales. Cuando el esquema mental es de un espacio o escenario entonces se denomina mapa mental o mapa cognitivo (Figura 346). “...*Un mapa mental es el dibujo de la ciudad que una persona lleva en su mente: las calles, barrios, plazas que son importantes para ella, de alguna forma enlazadas y con una carga emocional adjunta a cada elemento...*” según Milgram. Si hacemos referencia a las características y funciones de un mapa cognitivo “...*El mapa cognitivo es un constructo que abarca aquellos procesos que posibilitan a la gente adquirir, codificar, almacenar, recordar y manipular la información sobre la naturaleza de su entorno. Esta información se refiere a los atributos y localizaciones relativas de la gente y los objetos del entorno, y es un componente esencial en los procesos adaptativos y de toma de decisiones espaciales...*”.

EJEMPLO DE MAPA COGNITIVO

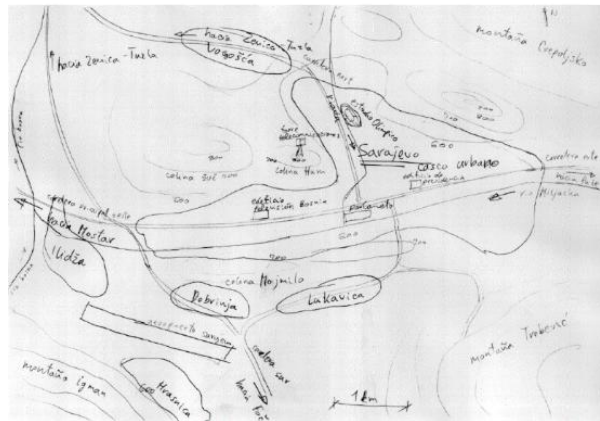


Figura 346

Dentro de los tipos de mapas cognitivos podemos encontrar diferentes estilos cognitivos y estadios de desarrollo. Donald Appleyard, arquitecto, trabajó con Lynch en sus investigaciones sobre mapas cognitivos y junto a él publicó trabajos notables como *The view from the road*²⁶³. Sus trabajos han sido influyentes en temas que van desde la percepción arquitectónica hasta la seguridad vial. Durante los años 70 realizó importantes investigaciones en ambientes a gran escala y en diversos lugares como Venezuela o la Guayana Francesa. De sus estudios Appleyard concluye que existen dos

²⁶³ APPELYARD, Donald; LYNCH, Kevin; MYER, John R. 1964. *The View from the Road*. (Massachusetts: MIT Press)

principales estilos cognitivos:

-*Espacial*, configurando básicamente por mojones y barrios.

-*Secuencial*, configurado básicamente por sendas y nodos.

En 1973, Roger Hart y Gary Moore aplican el modelo de Piaget sobre adquisición del conocimiento espacial y proponen tres tipos de mapas cognitivos en función de los tres estadios posteriores al preoperacional (donde todavía no hay concepción del espacio). Estos tres tipos de mapas no afectan sólo al desarrollo infantil sino que también son tres estadios de conocimiento espacial ante, por ejemplo, una persona en un nuevo entorno urbano. Los tres tipos, con algún ejemplo añadido, son:

-*Egocéntrico o indiferenciado*. Primer estadio en el que el mapa está regido por las propias acciones y experiencias sobre el entorno. No hay posibilidad de distanciarse de él, de la experiencia ambiental.

-*Diferenciado y parcialmente coordinado*. En este estadio existe ya un distanciamiento pero los distintos elementos o grupos de elementos que configuran el mapa no están coordinados entre sí. La representación espacial se organiza en torno a elemento fijo y concreto.

-*Diferenciado y abstracta y jerárquicamente coordinado*. Es el estadio más avanzado donde ya no existe ninguna referencia a la experiencia concreta y donde los distintos elementos se coordinan y secuencian entre sí.

La imagen de la ciudad: legibilidad e identidad

Como hemos comentado a la hora de reconocer e identificar contrastamos los signos visuales que encontramos con las concepciones mentales que tenemos archivadas. De igual forma que nos hacemos esquemas mentales de todos los objetos también los hacemos de nuestros entornos urbanos. Un estudio ejemplar de la concepción mental del entorno urbano podemos encontrar en la obra de Kevin Lynch²⁶⁴ *La imagen de la ciudad*. Esta investigación es de gran ayuda para entender como esquematizamos y creamos nuestros mapas mentales de los entornos urbanos, concretamente este trabajo se centra en como estructuramos estos esquemas al desenvolvernos y orientarnos por estos espacios, sin embargo no indaga en como los diferentes elementos que forman estos contextos nos afectan visualmente.

Por lo tanto Lynch, tras diferentes análisis del material recogido en el contenido de multitud de dibujos de mapas, así como de los protocolos verbales de los sujetos, concluyó que el mapa cognitivo de un espacio urbano se compone de una serie de elementos que pueden agruparse en cinco categorías principales. Dado que estas categorías son las que utilizamos a la hora de desenvolvernos por los entornos urbanos pertenecen a una esquematización funcional (estructural). Lynch asigna a estas categorías unos nombres significativos para generalizar las funciones que cumplen, y aunque estos nombres no tienen por qué coincidir con los que cada uno contempla en sus esquemas verbales, son fácilmente identificables. Por lo tanto, siguiendo las propias palabras del autor (Lynch, 1985, pp. 62-63) un mapa cognitivo está compuesto por:

Sendas “son los conductos que sigue el observador normalmente, ocasionalmente o potencialmente. Pueden estar

²⁶⁴ LYNCH, Kevin. 1998. *La imagen de la ciudad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

representadas por calles, senderos, líneas de tránsito, canales o vías férreas. Para muchas personas son éstos los elementos preponderantes en su imagen. La gente observa la ciudad mientras va a través de ella y conforme a estas sendas se organizan y conectan los demás elementos ambientales”. Un ejemplo representativo (Figura 347a) puede ser cualquier calle del centro de Granada.

Bordes “son los elementos lineales que el observador no usa o considera sendas. Son los límites entre dos fases, rupturas lineales de la continuidad. Constituyen referencias laterales y no ejes coordinados. Estos bordes pueden ser vallas, más o menos penetrables, que separan una región de otra o bien pueden ser suturas, líneas según las cuales se relacionan y unen dos regiones.”. En un principio la circunvalación de Granada (Figura 347b) se puede entender como una vía para los vehículos, sin embargo para los peatones se establece como un gran borde. La autovía limita tanto visualmente como el acceso de la ciudad a la vega, en definitiva constituye una muralla moderna que rodea la ciudad.

Barrios “son las secciones de la ciudad cuyas dimensiones oscilan entre medianas y grandes, concebidas como de un alcance bidimensional, en el que el observador entra “en su seno” mentalmente y que son reconocibles como si tuvieran un carácter común que los identifica. Siempre identificables desde el interior, también se los usa para la referencia exterior en caso de ser visibles desde afuera.” Un ejemplo en Granada (Figura 347c) es el barrio de los pajaritos. El hecho de que todas sus calles se llamen por nombres de pájaros también ayuda a la conceptualización espacial, ya que cuando sales del barrio las calles anexas dejan de hacer referencia a estas aves.

Nodos “son los puntos estratégicos de una ciudad a los que puede ingresar un observador y constituyen los focos intensivos de los que parte o a los que se encamina. Pueden ser ante todo Confluencias, sitios de una ruptura en el transporte, un cruce o una convergencia de sendas, momentos de paso de una estructura a otra. O bien los nodos pueden ser, sencillamente, concentraciones cuya importancia se debe a que son la condensación de determinado uso o carácter físico, como una esquina donde se reúne la gente o una plaza cercana.” Como ejemplo en Granada (Figura 347d) podemos encontrar en el nodo de Gran Capitán, donde la gente suele usar como lugar de referencia para quedar.

Mojones “son otro tipo de punto de referencia, pero en este caso el observador no entra en ellos, sino que le son exteriores. Por lo común se trata de un objeto físico definido con bastante sencillez, por ejemplo, un edificio, una señal, una tienda o una montaña. Pueden estar dentro de la ciudad o a tal distancia que para todo fin práctico simbolicen una dirección constante.”. Un mojón bien conocido en Granada (Figura 347e) es la estatua de los reyes católicos al final de la Gran Vía.

ELEMENTOS DE LOS MAPAS MENTALES URBANOS



Figura 347

5.4.5.4. Creación de esquemas mentales de objetos tridimensionales

En el presente punto, vamos a describir el proceso de construcción y reconstrucción de esquemas mentales de objetos tridimensionales y vamos a ejemplificarlo con una figura tridimensional y un edificio, en concreto del edificio de la General de Granada del arquitecto Campo Baeza.

Sobre este proceso vamos a ver cómo actúa la constancia perceptual según nos desplazamos para conocer mejor el objeto y como el reconocimiento posibilita que cerremos o completemos su esquema mental. Según la información que tenemos del objeto se va ampliando, disponemos de más signos para su reconocimiento y en el caso de ser singulares entonces veremos cómo se establece como objeto único, es decir como referencia de una categoría objetual concreta.

Supongamos que nunca hemos visto el objeto, ni el edificio. En cada caso partimos de una imagen visual con una perspectiva concreta en la cual los diferentes signos nos transmiten información (Figura 348).



Figura 348

En la imagen visual de la figura, detectamos una figura cuadrada roja determinada por sus delimitaciones con el fondo, y el signo de la sombra nos da una información aproximada de cómo puede desarrollarse en la profundidad. Las delimitaciones rectas de la sombra nos dicen que sus superficies posteriores son planas, sin embargo en nuestro primer esquema global del objeto en este aspecto no queda definido, ya que su estructura tridimensional podría adaptarse en principio a varias configuraciones. Por otro lado, el color monocromático sin brillo, nos informa de la apariencia superficial, es decir su textura (rojo monocromático), que es lisa, plana y mate. Con esta información y atendiendo al principio de pregnancia de la Gestalt, es decir que interpretamos la figura de la forma más sencilla posible, nos podemos hacer un esquema mental de un cubo rojo mate de superficies lisas.

En el caso del edificio, pasa lo mismo. Si esta es la primera imagen visual que tenemos de él. Nuestro primer esquema mental lo establece como un gran cubo con aberturas cuadradas, donde sus superficies están formadas por una textura gris que reconocemos como hormigón. Aunque observemos los pequeños detalles formales y de acabado, estos nos aportan información del objeto, pero no afectan a la forma global que esquematizamos de este. En general, podemos detectar objetos conformados por otros objetos según diferentes niveles objetuales, al determinar el tamaño y posición del objeto y al reconocerlo como edificio, es decir al hacer una primera categorización del edificio como tal, entendemos que las diferentes aberturas como diferentes plantas del edificio. Y atendiendo al principio de simplicidad estas se mentalizan de la forma más simple posible es decir diferentes niveles horizontales ocupando toda su superficie (Figura 349).

Supongamos ahora que nos desplazamos entorno a la figura tridimensional. Su imagen cambia pero la seguimos identificando la figura como la misma debido a la constancia perceptual. La continuidad visual y las diferentes constancias como las de forma, de color, de tamaño, etc hacen constante la figura. Ahora con la nueva información

visual, reconstruimos el esquema de forma tridimensional al delectar nuevas delimitaciones, en este caso nuestro esquema de cubo regular pasa a reconstruirse como un cubo alargado en la profundidad. De igual forma, reconstruimos el esquema de su apariencia superficial, al descubrir e incluir un nuevo color para una superficie que antes no se veía.

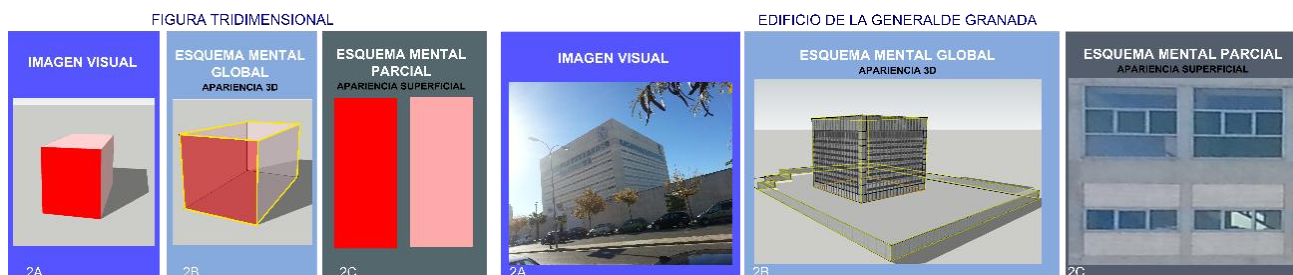


Figura 349

Al movernos entorno al edificio, ocurre lo mismo ampliamos y reconstruimos el esquema que tenemos de este. En este caso, determinamos que el cubo no es igual por cada fachada y que el muro que lo rodea no es regular en una esquina. De igual forma también ampliamos cualidades superficiales al descubrir nuevas apariencias y signos en esta nueva fachada (Figura 350).

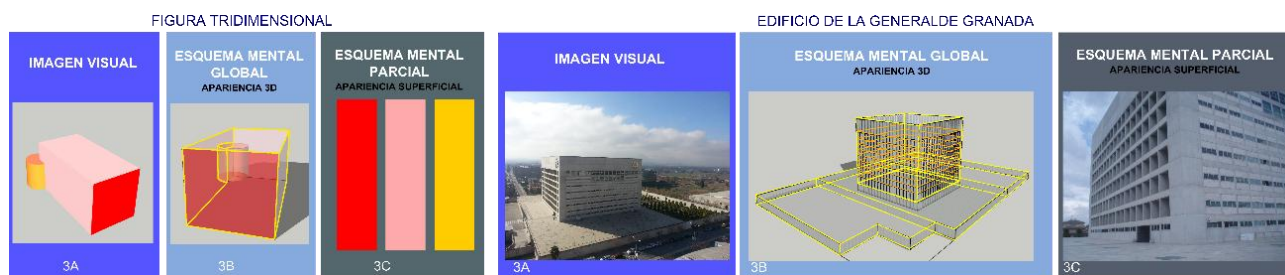


Figura 350

Si seguimos moviéndonos entorno a la figura, ahora hacia el otro lateral, descubrimos que no es una figura simple, sino que está compuesta con otro volumen tridimensional en forma de cilindro que intersecta con el prisma rectangular. Esta información la extraemos del degradado de color y de las delimitaciones curvas inferior y superior, y de las delimitaciones con el prisma. También, detectamos una nueva cualidad superficial para las superficies de esta nueva protuberancia. Por lo tanto, volvemos a reconstruir nuestro esquema siendo esta vez un poco más complejo.



Figura 351

En el caso del edificio, al adoptar una posición elevada descubrimos nuevos elementos que no conocíamos, como por ejemplo la plataforma base en la que se apoya el cubo. También, descubrimos que su superficie se desarrolla con unas texturas análogas a las de sus paramentos. En este punto también concretamos visualmente la entrada al cubo, es decir

creamos una determinación mental de conexión física entre exterior e interior, información relevante para un edificio ya que es el elemento nos permiten entrar y salir de ellos (Figura 351).

Si ahora recorremos totalmente nuestra figura. Volvemos a descubrir un nuevo elemento que desconocíamos, es decir una abertura o perforación circular y una textura interior nueva.

En el edificio al entrar en él, nuestro esquema mental cambia radicalmente, descubrimos que tiene un gran espacio interior con unas grandes columnas y que no es totalmente regular. También descubrimos su relación con la luz exterior a través de su cubierta singular, y sobre todo, observamos la diferencia de apariencia de las superficies interiores respecto de las exteriores (Figura 352).

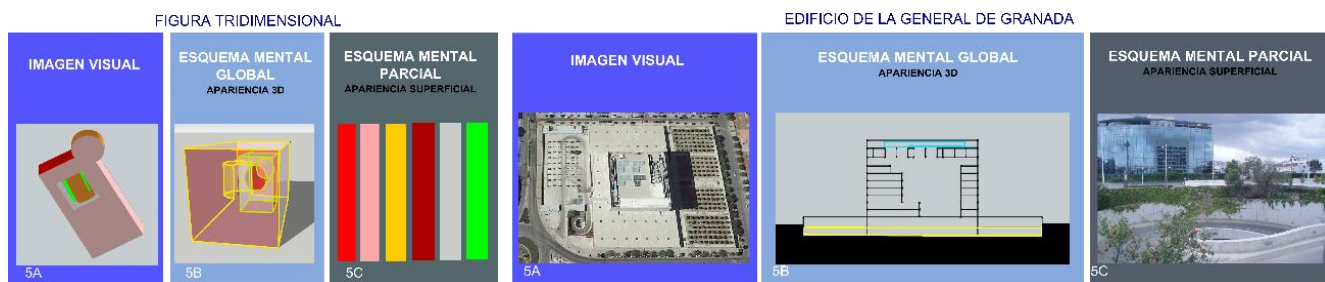


Figura 352

Al coger la figura tridimensional y elevarla, volvemos a reconstruir el esquema que tenemos de ella, al observar una nueva abertura, en este caso rectangular en su base, y volvemos a descubrir nuevas apariencia superficiales internas.

En el caso del edificio, un vuelo en globo, nos vuelve a ofrecer nuevas informaciones del edificio, o por ejemplo el uso de su parking interior y sus sótanos nos vuelve a ofrecer una ampliación del esquema de este edificio.

Por lo tanto, el proceso de construcción y reconstrucción mental es indefinido, siempre que descubramos algo, este se modificará y ampliara el conocimiento que tenemos de él, es decir, siempre podemos descubrir algún rasgo nuevo que no estaba presente en el último esquema mental. Por otro lado, con el tiempo y la no repetición de encuentro visual, la memoria puede perder datos, en general, los menos significativos los primeros. No obstante, todo cambia y los edificios y los lugares también. Envejecen y se reforman. Lo que implica también nuevas reconstrucciones mentales siempre en constante evolución.

6. EL PESO VISUAL Y LAS ACCIONES SENSORIALES VISUALES

6.1. LA ACCIÓN SENSORIAL VISUAL

Como vimos, el efecto físico de la luz que nos permite la visión, es algo que podemos medir y comparar con diferentes instrumentos científicos, es decir su medición nos ofrece unos datos contrastables que podemos establecer en función de diversas magnitudes físicas. También, podemos establecer las limitaciones físicas visuales del ser humano y podemos determinar las sensibilidades para diferentes longitudes de onda. Una vez que llega esta información al cerebro, este nos ofrece una respuesta subjetiva, es decir una creación visual que representa lo que tenemos enfrente de nosotros en forma de imagen visual. Estas creaciones se expresan como acciones sensoriales que nos permiten actuar y convivir en nuestro medio.

Si relacionamos estos efectos físicos con las sensaciones que nos transmiten entonces podemos obtener una medida de su acción sobre nosotros, que nos puede servir para determinar el grado y la forma en la que cada sensación actúa sobre nosotros. Esta acción es lo que hemos denominado acción sensorial, y establece la base sobre la que hemos desarrollado nuestro estudio.

La acción sensorial global sería el resultado de todos nuestros sentidos actuando al unísono. No obstante, nosotros para este estudio vamos a centrarnos exclusivamente en la acción sensorial visual.

6.1.1. LA IMAGEN VISUAL Y LA INTERACCIÓN DE LAS CUALIDADES VISUALES

La expresividad aparece con la interacción de las cualidades visuales en la imagen, es decir con las diferentes sensaciones visuales actuando simultáneamente en el conjunto la imagen visual.

Dado que estas interacciones no requieren del reconocimiento, ni de la significación para entrar en acción, nos vamos a centrar exclusivamente en la imagen y lo que esta transmite directamente. Por lo tanto, no trabajaremos con modelos, esquemas o concepciones mentales de los objetos, ya que estos aparecen de la significación, del procesamiento perceptual y del reconocimiento.

No incluimos la significación, ya que las cualidades visuales actúan independientemente de que exista está o no, es decir su poder expresivo aparece directamente con la interacción de las cualidades visuales. Por lo tanto, la acción sensorial visual se produce de forma directa, involuntaria y de forma análoga en todo ser humano con cualidades visuales similares. Algo, que cambiaría si intentáramos determinar los valores de las reacciones perceptivas, ya que en este caso como cada percepción es singular y subjetiva de cada individuo, existirían tantas posibles reacciones como percepciones diferentes pudieran existir²⁶⁵.

²⁶⁵ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

En torno a la atención, también vimos que independientemente que nos fijemos y atendamos algo o no lo hagamos, siempre existirá la acción sensorial. Es decir, aunque no atendamos o no nos fijemos visualmente, la interacción sensorial actúa de todos modos, apareciendo en este caso una acción visual no consciente.

6.1.2. RELACIÓN ENTRE LA ACCIÓN FÍSICA Y LA ACCIÓN SENSORIAL

Las sensaciones de color, forma, espacialidad y movimiento se crean en nuestro cerebro, es decir son creaciones humanas que no existen en el exterior. Esto hace que no se puedan medir de la misma forma que se miden las acciones físicas. En este caso, además de la información física debemos tener en cuenta las cualidades de la visión humana como por ejemplo; el rango de longitudes visibles, la sensibilidad humana a estas diferentes ondas, el marco y el campo visual, el enfoque, etc. Por lo tanto, su medición será psicofísica, ya que tendrá una base de medición directa sobre la acción física que produce la sensación y a su vez tendrá en cuenta como esa acción física se convierte en sensación al ser absorbida por nuestros órganos visuales.

Según Aznar Casanova²⁶⁶, dentro de los métodos psicofísicos existen los *directos* y los *indirectos*. Dado que el estudio de la acción sensorial lo determinamos como un método psicofísico vamos a ver en primer lugar la diferencia entre el método directo e indirecto. El modelo cibernético de Stevens, concibe al organismo como un sistema que procesa inputs y emite outputs, es decir es receptor de información y emisor de información elaborada. El organismo va recibiendo estimulaciones físicas, que pueden producir; cambios cuantitativos en el nivel de excitación (magnitudes protéticas) y cambios cualitativos que implican procesos fisiológicos diferentes o alternativos (magnitudes metatéticas).

El concepto de psicofísica directa de Stevens se debe a que utiliza las estimaciones numéricas en los juicios de apreciación directa para la construcción de escalas de sensibilidad, mientras que la psicofísica indirecta se denomina así debido a que la medición de la sensación se obtiene por referencia al continuo físico, es decir a una medición indirecta. Esta psicofísica fue propuesta por Fechner, ya que él nunca creyó que las sensaciones pudieran medirse directamente, sino que éstas debían cuantificarse en relación con las unidades de la escala física, es decir con mediciones objetivas.

En la psicofísica indirecta, Fechner²⁶⁷ fue el primero en desarrollar procedimientos que permitían esclarecer la relación existente entre la escala física y la escala de sensación, es decir en estos procedimientos se relacionan las sensaciones con la intensidad del estímulo; mientras que Stevens parte de las apreciaciones subjetivas para llegar a construir escalas de estimación. Por consiguiente Tudela comenta; "*los métodos directos de Stevens se basan en la capacidad del sujeto de emitir juicios sobre la magnitud de las sensaciones que experimentan. Estos juicios son, inmediatamente, convertidos en medida de la magnitud sensorial*". De esta forma, los métodos de construcción de escalas psicofísicas pretenden desvelar la relación existente entre los continuos físicos de energía del estímulo y los juicios de apreciación del sujeto.

En nuestro caso, tal y como hemos explicado, proponemos mediciones psicofísicas indirectas con el fin de establecer los diferentes valores de las acciones sensoriales visuales, teniendo en cuenta la medición de la acción física y las características de la visión humana a tendiendo a los estándares propuestos²⁶⁸. Y por otro lado, pretendemos estudiar los rangos de diversidad mediante métodos directos, es decir mediante estudio de los juicios sobre diferentes acciones

²⁶⁶ AZNAR CASANOVA J. Antonio. 2014. *Psicología de la percepción visual*. (Barcelona: Ph DrVision & Control of Action (VISCA) groupDept. Psicología Basica. Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona. <http://www.ub.edu/pa1/>)

²⁶⁷ FONTES, S; FONTES, A. I. 1994. *Consideraciones Teóricas sobre las leyes Psicofísicas*. (España: Revista de Psicología General y Aplicada, 1994, 47(4), 391-395)

²⁶⁸ CIE 15. 2004. *Colorimetry*. (Vienna: CIE Central Bureau, 2004, 3rd edition, 2004)

sensoriales abstractas. Esta segunda parte, se establece como uno de los objetivos propuestos de estudio a desarrollar en un futuro próximo, donde el concepto de acción sensorial visual abstracta se establece, con el fin de evitar reconocimientos y significaciones, es decir implicando respuestas sensoriales puras, sin modificaciones perceptuales.

RELACIÓN ENTRE LA ACCIÓN SENSORIAL Y LA REACCIÓN PERCEPTUAL

Cada elemento visual en la imagen expresa. Por lo tanto, nosotros obtenemos sensaciones y percepciones de estas y de sus interacciones visuales. Una sensación puede ser la que nos transmite un color rojo con su máxima intensidad, mientras que la percepción puede estar asociada al significado que se le da. Por ejemplo en un grupo, cultura o sociedad; el rojo, se asocia a la sangre, a las rosas, a los frutos del bosque y nos transmite percepciones relacionadas con el amor, con la pasión, o con la violencia y el dolor.

Toda imagen transmite una acción sensorial, tenga significación o no. De hecho, si una imagen significativa, la desproveemos de significación, por ejemplo al convertir una imagen figurativa en una imagen abstracta (de la forma en la que lo muestra D.A. Dondis²⁶⁹, entonces podemos entender mejor la acción sensorial que esta transmite (Figura 353).

LA ACCIÓN PERCEPTUAL Y LA ACCIÓN SENSORIAL VISUAL

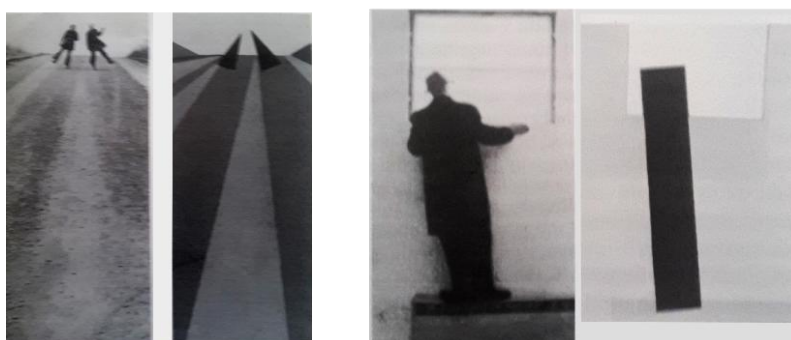


Figura 353

Aunque, nosotros nos centremos en la acción sensorial, está siempre puede ser modificada al aparecer la reacción perceptual. Es decir, dado que a una sensación le precede una percepción, está la puede modificar acentuando o disminuyendo el efecto sensorial primario. Por ejemplo (Figura 350), un helado de color azul nos transmite una sensación fría debido a su color, y esta sensación se intensifica al reconocerlo y darle significación, ya que todos hemos probado un helado y recordamos la sensación fría del helado. Sin embargo, un helado rojo, nos transmite una sensación cálida que es modificada con el reconocimiento. De la misma forma que no podemos evitar la aparición de una percepción, tampoco podemos evitar la sensación y aunque detectemos el frío del helado, el rojo seguirá ejerciendo su acción sensorial cálida.

Otro ejemplo (Figura 354), lo podemos establecer por ejemplo con la imagen de un globo. Un globo claro sobre un fondo blanco nos dará una sensación de levedad que se amplificará con el reconocimiento y la significación del globo como objeto que tiende a elevarse hacia arriba. Sin embargo, un globo negro sobre un fondo blanco, adquirirá un gran peso visual, el cual actuará de forma inversa a su significación.

²⁶⁹ DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

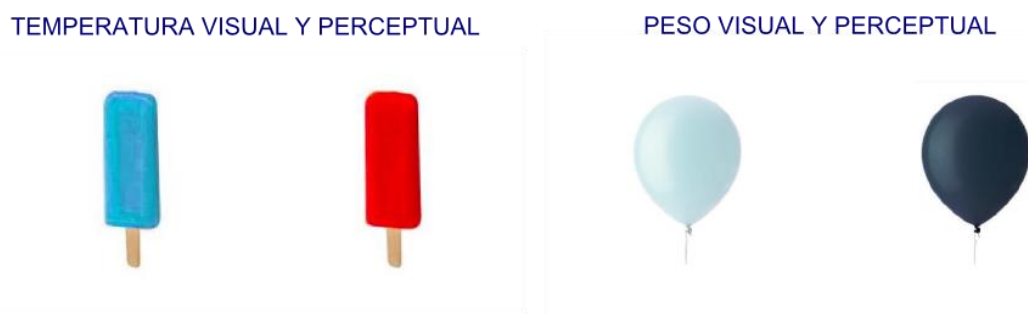


Figura 354

La acción perceptual no se puede establecer de forma generalizada, ya que cada individuo puede tener una percepción singular, personal y diferente del resto. No obstante, tal y como vimos también existen percepciones colectivas y culturales análogas, es decir percepciones muy similares en ciertos grupos de personas, que tienen conocimientos y experiencias similares al compartir la misma cultura, conocimiento o pertenecer a la misma colectividad. En este caso los estudios estadísticos, pueden ayudarnos a establecer el grado de uniformidad que existe en un grupo en torno a las percepciones que puede suscitar un mismo acontecimiento visual.

En nuestro estudio, vamos a centrarnos en la acción sensorial, es decir en cómo actúan las interacciones de los elementos agrupados o segregados en la globalidad de imagen sin significación o antes de otorgarle significación alguna. No obstante, en algunos casos haremos referencia a las percepciones colectivas más significativas que pueden suscitar los objetos que aparecen en ciertas imágenes.

6.1.3. LA SIMULTANEIDAD EXPRESIVA

Las cualidades visuales actúan en conjunto y al mismo tiempo sobre nuestra imagen, por lo que no se pueden desligar unas de otras. De igual forma, sus efectos expresivos tampoco pueden desligarse. El efecto de cada cualidad puede contrarrestarse o sumarse con el resto en la sensación visual obtenida sobre el conjunto de nuestra imagen visual. También, las otras sensaciones que nos transmiten otros órganos como el tacto, el oído, etc interactúan en la sensación global que obtenemos al ser concurrentes en el tiempo (5.1.3.3↔5.3.2↔6.1.3).

A pesar de esta simultaneidad, podemos analizar las acciones de los diferentes tipos de interacciones y estudiarlas por separado, con el objetivo de entender cómo actúa cada una de ellas, aunque sepamos que siempre se verán afectados de las otras acciones. No obstante, debemos saber que el efecto de una sola acción, puede no llegar a ser representativo respecto del efecto global. En ciertas ocasiones, el efecto o efectos de otras acciones dominantes pueden difuminar la acción estudiada por separado. En general, una expresividad será más dominante cuanto más se acerque a alguno de sus polos expresivos como veremos a continuación.

La acción sensorial global actúa mediante el efecto de diversas fuerzas y tensiones visuales, donde el resultado final puede ser una respuesta resultante de estas o puede ser que una acción sea notablemente fuerte respecto el resto, de tal forma que acapare nuestra atención nublando la acción de las restantes. Dado que estas fuerzas se pueden representar como vectores entonces la acción global atenderá a la fuerza resultante de la interacción de estos vectores²⁷⁰;

²⁷⁰ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2006. *La unidad temática*. (Granada: Editorial Universidad de Granada)

“La unidad temática será por tanto una suma algebraica de invariantes, donde la adición de los módulos de los vectores que los representan, conllevan necesariamente la consideración, de sus direcciones y sentidos, para que nos conduzcan, al módulo dirección y sentido del vector resultante”.

6.1.4. LOS POLOS EXPRESIVOS

Como hemos visto las acciones sensoriales se pueden medir de forma psicofísica, ya que sus valores son aptos de ser registrados y comparados. Por otro lado, las cualidades de nuestros órganos visuales son limitadas, por lo que podemos establecer unos límites en la acción de sensorial que estos producen. Estos límites, los podemos establecer como polos expresivos, que reflejen la mayor acción sensorial posible y la menor (Figura 355).

El que una imagen tenga más expresividad o menos es una característica que nos da información sobre ella. En general, posiciones intermedias suelen ser neutras y en ocasiones ambiguas²⁷¹. Mientras que las posiciones en los polos suelen ser las más expresivas.

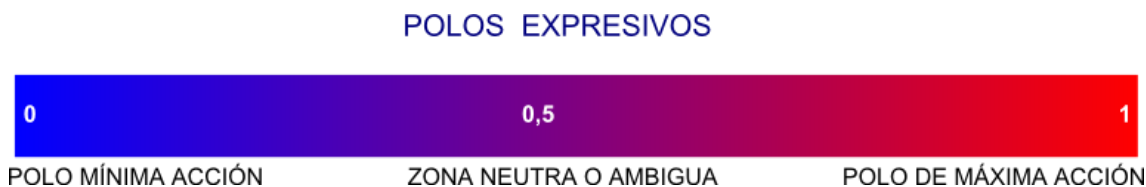


Figura 355

En general, no existe una posición ideal. Por ejemplo, en la actividad creativa, no se trata de limitar las posibilidades expresivas. Cualquier posibilidad expresiva puede ser buena, ya que los diferentes objetos y escenarios atienden a muchas necesidades y en un caso determinado puede interesar transmitir equilibrio, estabilidad, solidez y tranquilidad, en otra situación se puede hacer necesario recurrir al dinamismo, a la tensión y a la viveza.

D.A. Dondis²⁷² comenta en torno a este hecho respecto de las técnicas que se utilizan para alcanzar los polos; “no debe pensarse que estas técnicas solo se aplican en los extremos pues, muy al contrario, su uso se extiende en sutil graduación a todos los puntos del espectro comprendido entre ambos polos, a la manera de todos los posibles tonos de gris existentes entre el blanco y el negro”.

D.A. Dondis establece como referencia de los dos polos el contraste y la armonía, haciendo referencia a que estos opuestos se denominan en psicología nivelación y aguzamiento (*leveling* y *sharpening*); “las técnicas de la comunicación visual manipulan los elementos visuales con un énfasis cambiante, como respuesta directa al carácter de lo que se diseña y de la finalidad del mensaje. La técnica visual más dinámica es el contraste, que se contraponen a la técnica opuesta, la armonía”. Y dentro de las técnicas para alcanzar los polos propone:

Contraste- Armonía

Exageración - Reticencia

Espontaneidad - Predictibilidad

²⁷¹ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

²⁷² DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Acento - Neutralidad
Asimetría - Simetría
Inestabilidad- Equilibrio
Fragmentación - Unidad
Economía - Profusión
Audacia - Sutileza
Transparencia - Opacidad
Variación - Coherencia
Complejidad - Sencillez
Distorsión - Realismo
Profundo - Plano
Agudeza - Difusión
Actividad - Pasividad
Aleatoriedad - Secuencialidad
Irregularidad - Regularidad
Yuxtaposición - Singularidad
Angularidad - Redondez
Representación - Abstracción
Verticalidad - Horizontalidad

A la hora de conceptualizar estas acciones sensoriales las podemos expresar como si fueran acciones físicas por analogía con estas, por lo tanto las podemos equiparar a fuerzas, tensiones, intensidades, presiones, temperaturas, etc. De igual forma, las podemos representar como diferentes vectores espaciales que interactúan con el resto de vectores que aparecen en la imagen visual ofreciendo un vector resultante global. Rudolph Arheim²⁷³ entorno la acción de las interacciones visuales conceptualizadas como fuerzas comenta;

“La experiencia visual es dinámica. Lo que una persona o un animal percibe no es sólo una disposición de objetos, de colores y formas, de movimientos y tamaños. Es, quizás antes que nada, un juego recíproco de tensiones dirigidas. Esas tensiones no son algo que el observador añada, por razones suyas propias, a las imágenes estáticas. Antes bien, son tan intrínsecas a cualquier precepto como el tamaño, la forma, la ubicación o el color. Puesto que tienen magnitud y dirección, se puede calificar a esas tensiones de “fuerzas” psicológicas”.

De la misma forma que Norberg-Schulz²⁷⁴ estableció la existencia de polos perceptuales, nosotros en este caso determinamos polos expresivos sensoriales, evitando la gran variedad de polos que las percepciones pueden ofrecer. De esta forma, podemos establecer siempre dos polos definidos por los valores de 0 para la mínima acción y de 1 para la máxima acción, es decir adoptando un rango para las diferentes acciones entre 0 y 1. Por lo tanto, se pueden establecer diferentes valores de intensidad para los colores, diferentes valores de tensión para las

²⁷³ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²⁷⁴ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

delimitaciones o se puede estudiar el equilibrio de una imagen asignando densidades de color y masas superficiales sobre la imagen, es decir estableciendo pesos visuales, como veremos más adelante.

6.1.5. TIPOS DE ACCIONES SENSORIALES VISUALES

Como hemos visto, las diferentes acciones están directamente relacionadas con las diferentes cualidades básicas que conforman la imagen visual y sus interacciones. Por lo tanto, aparecerán con las interacciones de colores, de formas, de espacios y de movimientos.

Dado que utilizamos la imagen visual siempre como referencia, la cualidad de tamaño siempre está presente en la interacción. El tamaño de una figura solo se puede determinar por comparación. Podemos comparar la figura respecto a una magnitud o podemos compararla con otra figura. Debido a la relatividad del tamaño nos encontramos con el problema de determinar los polos, es decir, el tamaño máximo y mínimo que puede adoptar una figura. El tamaño mínimo tiene su límite teórico en cero y su límite real en el tamaño mínimo por el cual una figura es todavía visible con sus cualidades de color y forma. En cuanto al tamaño máximo podríamos decir que no hay límite, aunque dada nuestra referencia de tamaño, es el tamaño de la imagen visual. Su totalidad será el valor que utilizaremos como tamaño máximo en el polo contrario. El tamaño en la imagen visual actúa tanto en la interacción del color como en la de la forma.

Debido a la interacción de los colores en función del tamaño de las figuras y formas que aparecen en la imagen visual obtenemos:

1. El peso visual

Debido a las interacciones de las diferentes cantidades de luz (luminosidades) en función del tamaño de las figuras y formas que configuran la imagen visual²⁷⁵.

2. La intensidad visual

Debido a las interacciones de las diferentes purezas de la luz (cromas) en función del tamaño de las figuras y formas que configuran la imagen visual.

3. La temperatura visual

Debida a las interacciones de las diferentes ondas dominantes de la luz (tonos) en función del tamaño de las figuras y formas que configuran la imagen visual.

Debido a las interacciones de las formas (entre delimitaciones y degradados) en función de sus tamaños, obtenemos:

²⁷⁵ PARADA CASTELLANO, Raúl; CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2013. *The visual weight* (UK. Newcastle/Gateshead: AIC2013. Poster)

4. Regularidad visual

En este caso, las acciones sensoriales pueden deberse a interacciones formales, posicionales y/o direccionales.

a. Regularidad de las formas

Debido a la geometría de las formas y las interacciones entre los elementos que las componen en referencia a la imagen visual (comparación de tamaño).

b. Regularidad de la posiciones

Debido a las diferentes posiciones que adoptan las diferentes figuras en relación a la imagen visual.

c. Regularidad de las orientaciones (direccionalidad)

Debido al eje o ejes direccionales de las diferentes formas que aparecen en la imagen y a los sentidos a los que se dirigen.

Debido a la interacción de las formas en el espacio (profundidad), en función de sus tamaños:

5. Espacialidad visual

Debido a las diferentes direcciones de expansión visual en el espacio.

Debido al movimiento la variación en la imagen visual, obtenemos:

6. Dinamismo visual

Debido al cambio de las cualidades visuales de la imagen en el transcurso del tiempo.

6.1.6. LA ACCIÓN SENSORIAL DEBIDA A LAS INTERACCIONES DE LOS COLORES

6.1.6.1. El peso visual

La acción sensorial del peso visual aparece debido a las interacciones de las diferentes cantidades de luz (luminosidades) y los tamaños de las formas que componen la imagen visual. Nosotros podemos medir la cantidad de luz que porta de un color mediante métodos físicos, a través de su espectro de reflectancia²⁷⁶ (Figura 356).



Figura 356

En este caso la luminosidad se corresponde con la cantidad de área ocupada en el rango visible, ponderada por la

²⁷⁶ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

sensibilidad que tenemos ante las diferentes frecuencias. Cuando todo el área ponderada esté ocupada daremos un valor máximo de luminosidad al color y cuando esté totalmente vacío daremos el valor mínimo.

En cuanto al tamaño, dado que aparece mediante la comparación visual, utilizaremos la totalidad de la imagen visual como referencia, es decir el tamaño máximo será el tamaño de la imagen visual y el mínimo, aquel que no es captable por la visión humana.

El conjunto de las luminosidades de la imagen visual definen la luminosidad total de la imagen, de tal forma que una imagen totalmente blanca tiene un valor de luminosidad de 1, y una negra tiene un valor de luminosidad de 0.

De esta forma, el peso visual lo configuramos como la sensación de peso que nos transmiten los diferentes elementos al ser observados debido al contraste de la luminosidad de sus colores y la cantidad de superficie que ocupan en nuestra imagen visual. La sensación de esta acción recae sobre el objeto observado en sí mismo y toma el nombre de peso, ya que lo interpretamos como una acción en dirección vertical hacia el suelo (Figura 357).

LA ACCIÓN DEL PESO VISUAL

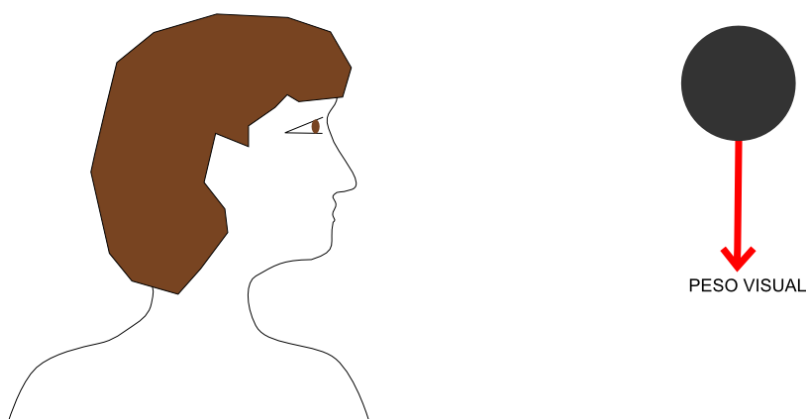


Figura 357

El peso visual de un elemento también depende de su interacción con el entorno. En un entorno de luz o fondo blanco, el color más pesado sería el negro, mientras que si el fondo se va acercando al negro va perdiendo peso o ganando levedad hasta desvanecerse, como podemos observar en la imagen (Figura 358).

DIFERENTES PESOS VISUALES EN FUNCIÓN DEL FONDO DE LA IMAGEN

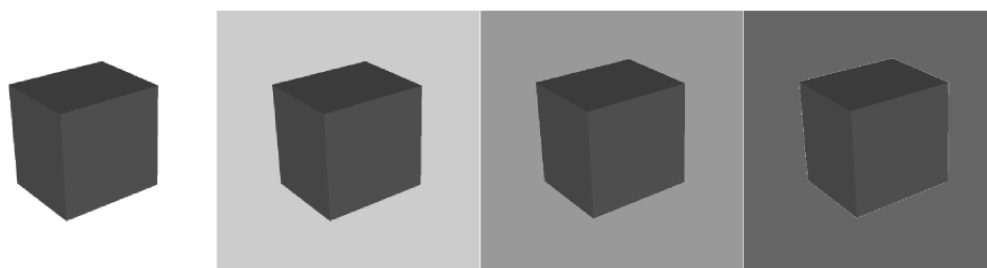


Figura 358

De esta forma, el peso relativo es el peso de la figura en función del fondo concreto con el que interacciona. Por lo tanto, cuanto más contraste y más equilibrio de tamaño exista entre los elementos que aparecen en la imagen visual, más peso relativo existirá. En este caso, tanto el negro como el blanco pueden ser contrastantes entonces el valor del peso se

determina en función de la luminosidad global de la imagen y sus posibilidades contrastantes con el resto de colores que la componen.

El punto resultante de todos los pesos de la imagen se denomina centro de gravedad visual. Cuando el centro de gravedad coincide con el centro geométrico de la imagen visual decimos que la imagen está equilibrada, y según se retira el centro de gravedad respecto del centro geométrico decimos que la imagen se está desequilibrando (Figura 359).

CENTROS DE GRAVEDAD VISUAL EN DIFERENTES COMPOSICIONES

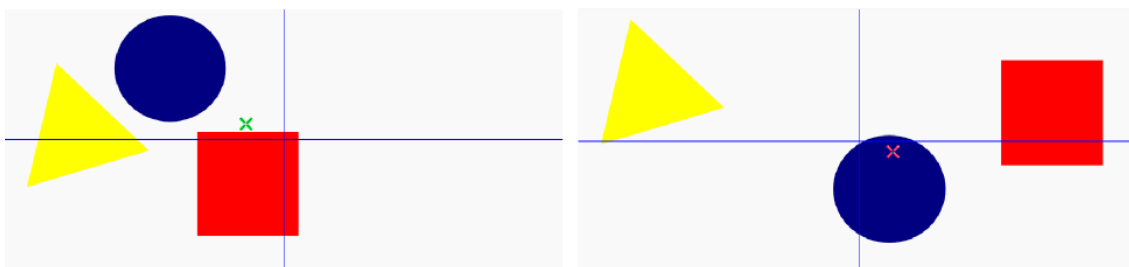


Figura 359

El equilibrio no implica simetría. De hecho, Arheim²⁷⁷ habla del equilibrio y de la simetría de la siguiente forma; *“una composición desequilibrada parece accidental, transitoria, y por lo tanto no válida. Sus elementos muestran una tendencia a cambiar de lugar o de forma para alcanzar un estado que concuerde mejor con la estructura total.*

Claro está que el equilibrio no exige simetría (Figura 360)“.

EQUILIBRIO Y SIMETRÍA

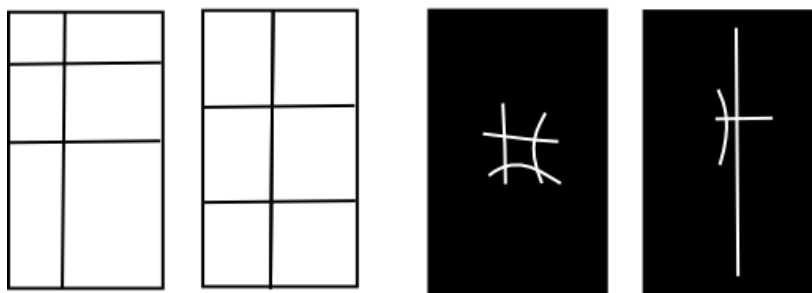


Figura 360

Dado que la acción sensorial del peso visual es el objeto de esta tesis, la desarrollaremos en profundidad en el siguiente tema (6.1.6.1↔6.2).

6.1.6.2. La intensidad visual

La intensidad visual depende de la interacción de cromas que tienen los diferentes elementos que aparecen en la imagen visual. Utilizamos croma ya que es una cualidad perceptual básica y no utilizamos saturación, ya que el desplazamiento

²⁷⁷ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

en la saturación afecta a la luminosidad, tal y como vimos (5.3.3.2↔6.1.6.2). De tal forma, que cuanto más cromática tenga una figura (más se acerque a su tono puro), y menos su fondo (más se acerque al gris), esta se verá con más intensidad.

Según Wucius Wong²⁷⁸;

“El valor es la clave para comprender la intensidad, porque el equivalente de valor de un tono ha de quedar determinado antes de que la intensidad sea manipulada con eficacia.

El equivalente de valor del color es el grado que no parece más claro o más oscuro que la muestra.

El establecimiento de un equivalente de valor se ve afectado por la fuente de luz. La luz incandescente hace que los azules sean más oscuros y los amarillos más claros. La luz fluorescente tiene, en el color, un efecto diferente del de la luz solar”.

La diferencia básica entre los diferentes cromas y las luminosidades, es que todos los tonos tienen el mismo rango de luminosidad, es decir todos pueden ir del negro puro al blanco puro, sin embargo no todos los tonos tienen el mismo rango perceptual de cromática. Por lo tanto, aquí los polos se establecen atendiendo al tono que tiene el rango de cromática más amplio en un sistema de ordenación del color perceptual, por ejemplo el sistema Munsell (5.3.3.3↔6.1.6.2), adaptando para este un valor de 1 y cualquier color en la línea acromática tienen un valor de 0.

En torno a la intensidad podemos ver colores con tonos diferentes que pueden tener intensidades iguales o diferentes, o dentro de un mismo tono podemos experimentar intensidades diferentes en función de la variación de su cromática (Figura 361).



Figura 361

En este caso, al igual que con el peso visual se debe tener en cuenta las condiciones de la visión humana. No obstante, si nos fijamos en el espectro de reflectancia podemos determinar la acción física del cromático (Figura 362), a través de su delimitación, de tal forma que cuanto más horizontal sea su función, es decir cuanto más homogénea sea la repartición en las diferentes longitudes de onda, menos intensidad tendrá un color y cuanto menos horizontal o menos homogéneo y equilibrado sea más intensidad tendrá este (Figura 363).

²⁷⁸ WONG, Wucius.1988. *Principios del diseño en color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

NIVELES DE CROMA EN EL ESPECTRO DE REFLECTANCIA

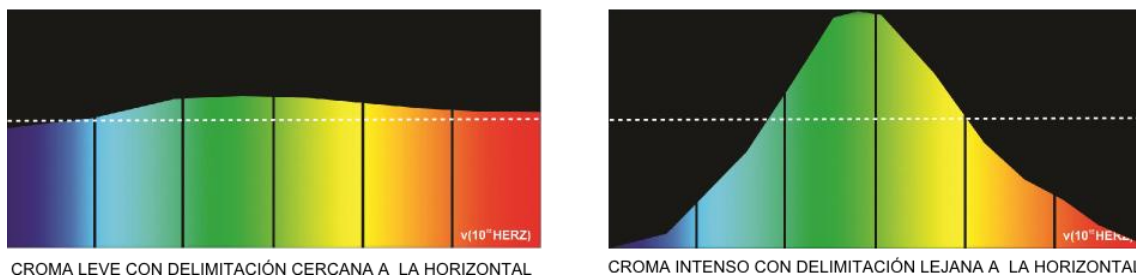


Figura 362

En el conjunto de la imagen aparece el concepto de intensidad global, el cual hace referencia a la intensidad de todos los elementos que aparecen en la imagen visual en relación con sus tamaños.

GAMA DE CROMAS PARA UN MISMO TONO VERDE



Figura 363

Por otro lado, la intensidad relativa hace referencia a la fuerza que realiza una figura en función del fondo con el que interacciona. Cuanto más contraste de croma exista entre la figura y el fondo, y más tamaño ocupe la figura en la imagen, está tendrá más intensidad relativa. Sin embargo, según el fondo va adquiriendo croma, entonces el nivel de intensidad de la figura baja, y en este caso, los polos no se invierten como en el caso del peso visual, es decir si el fondo tiene mucho croma y la figura poco, entonces la figura pierde valor de intensidad pasando a valores negativos (Figura 364).

INTENSIDADES EN UNA FIGURA CON DIFERENTES CROMAS Y FONDOS

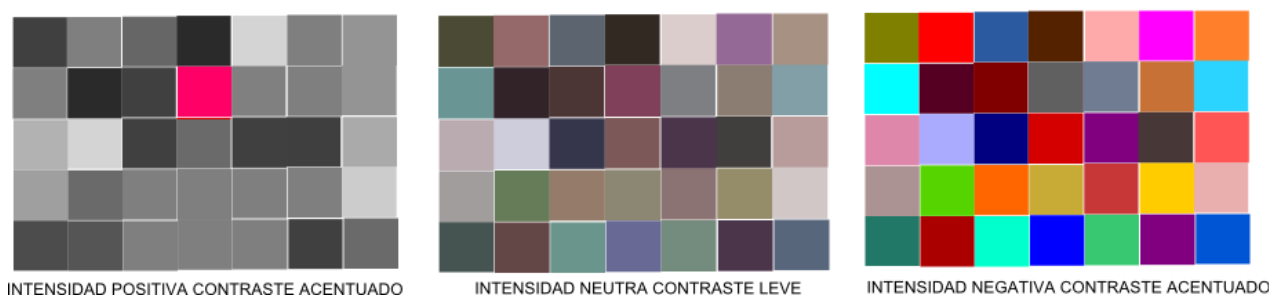


Figura 364

Esto se debe a que la acción de la intensidad la interpretamos como una fuerza que parte de la figura cromática en dirección hacia el observador, en el caso de valores negativos se entienden como fuerzas que alejan la figura del observador (Figura 365). De esta forma, la intensidad positiva llama la atención del observador sobre la imagen visual y se determina de forma direccional totalmente diferente al peso, ya que recae sobre el sujeto y no sobre la figura como ocurre con la imagen visual.

LA ACCIÓN DE LA INTENSIDAD VISUAL

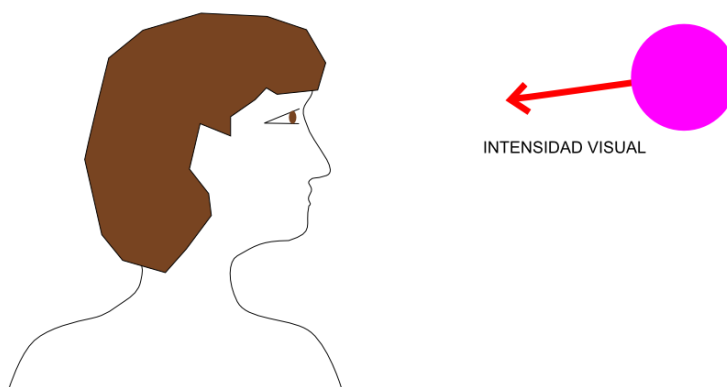


Figura 365

La resultante de las diferentes intensidades que aparecen en la imagen visual, y su origen se sitúa en un punto de la imagen visual, con la dirección que hemos comentado. Esto hace que en una imagen compuesta por varias figuras intensas, su punto de acción resultante pueda quedar en una posición intermedia y fuera de sus contornos (Figura 366).

ORIGEN DE LA INTENSIDAD RESULTANTE EN LA IMAGEN VISUAL

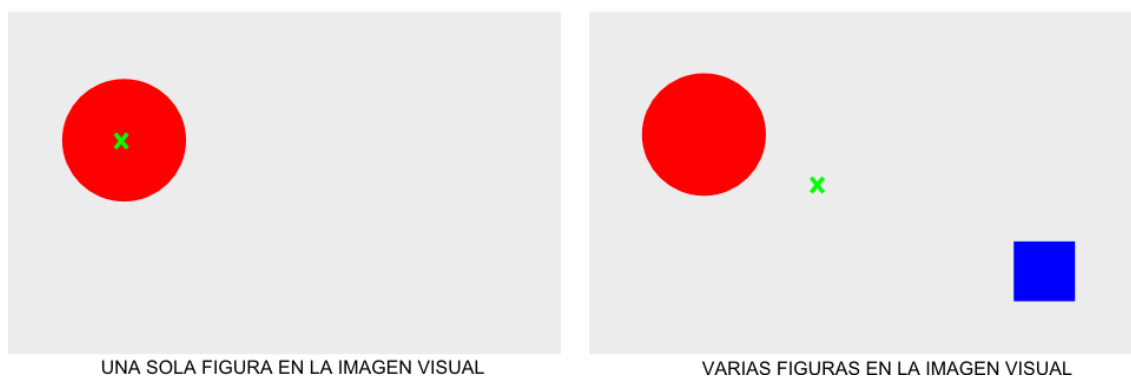


Figura 366

Las acciones de la intensidad y del peso están relacionados, por un lado con el efecto HK y por otro, el hecho de que la intensidad cree una llamada de atención, provoca que se seleccionen figuras concretas en la imagen visual, que se segreguen de su fondo y que sobre estas recaiga la acción del peso visual.

6.1.6.3. La temperatura visual

La acción de la temperatura se debe a la interacción de los diferentes tonos, en relación a los tamaños de las formas que componen la imagen visual. En este caso, los tonos en el espectro de reflectancia se corresponden con la onda predominante en el rango visible²⁷⁹ (Figura 367). Por lo tanto, los polos se establecen en sus dos extremos es decir entre 380nm y el 780nm por otro.

²⁷⁹ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)

DIAGRAMAS ESPECTROMÉTRICOS REALES DE CUATRO COLORES

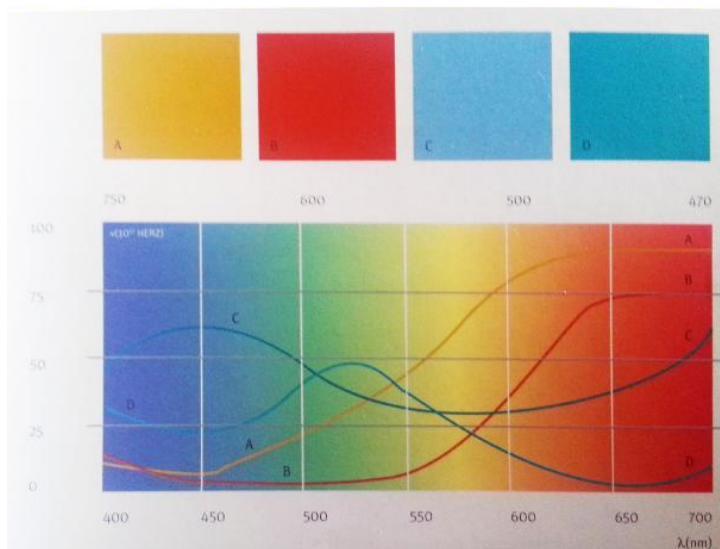


Figura 367

La sensación térmica atiende a la dualidad frío-calor, es decir según nos acercamos a ondas largas estamos rondando temperaturas cálidas y según nos desplazamos hacia ondas cortas nos bajamos la temperatura hacia valores fríos.

TONOS FRÍOS, CALIDOS E INTERMEDIOS

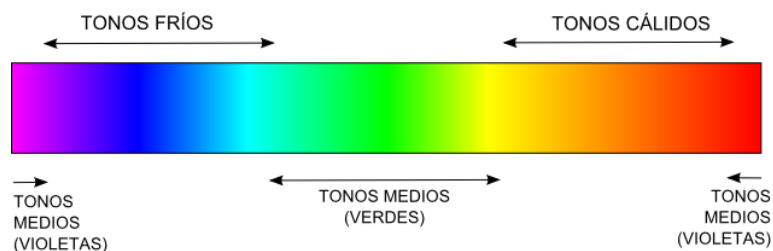


Figura 368

No obstante, existen dos tipos de tonos intermedios (Figura 368). Unos, que se establecen en la zona de verdes que quedan entre el amarillo y el azul cian, y por otro lado, la zona de violetas que aparece de forma leve en el extremo del azul, y que sus diferentes tonalidades aparecen mezclando aditivamente la luz roja con la azul (5.3.3.3↔6.1.6.3).

En torno, a las sensaciones calidad-frías generadas por los tonos, Wucius Wong²⁸⁰ dice;

“Nuestro conocimiento del tono es incompleto si no comprendemos las sensaciones de calidez-frialdad generada por los tonos. Una sensación cálida se crea con la presencia del tono asociado con el fuego: el naranja (una mezcla de rojo y amarillo). Todos los tonos contienen rojo, amarillo o ambos expresan calidez. Una sensación fría se logra con la presencia del tono asociado con el agua o el cielo: el azul. Un tono que contenga azul expresará frialdad.

La calidez o la frialdad de un tono, sin embargo, es relativa; un tono puede parecer cálido si se lo compara con un tono más frío y puede parecer frío comparado con otro más cálido.

²⁸⁰ WONG, Wucius.1988. *Principios del diseño en color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Las sensaciones calidas y frías afectan también la ilusión espacial en un diseño. Debido a que los tonos cálidos parecen avanzar mientras que los tonos fríos parecen alejarse, la calidez o frialdad de los elementos de un diseño pueden expresar eficazmente un espacio.

Un contraste simultáneo que tenga por resultado un cambio de intensidad afecta significativamente las sensaciones de calidez-frialdad”:

La temperatura global de una imagen se corresponde con la media de las temperaturas de los diferentes colores que aparecen en relación al espacio que ocupan en la imagen visual. Si está recae cercana al polo frío, entonces la imagen se configura como fría, y si recae hacia el polo cálido la imagen se considera cálida. En el caso de permanecer en puntos intermedios la temperatura se considera neutra. Esta circunstancia puede deberse a dos situaciones; a que los colores que conforman la imagen visual tengan ondas predominates rondando el centro del espectro (verdes), o que exista una combinación entre fríos y cálidos que hace que la resultante quede neutralizada (rojo-azul). En el caso de que existieran intermedios de las dos clases, a pesar de ser neutros ambos, también habrá un gran contraste entre estos. Por lo tanto, la neutralidad térmica puede darse por semejanza de ondas medias o por contraste entre complementarios.

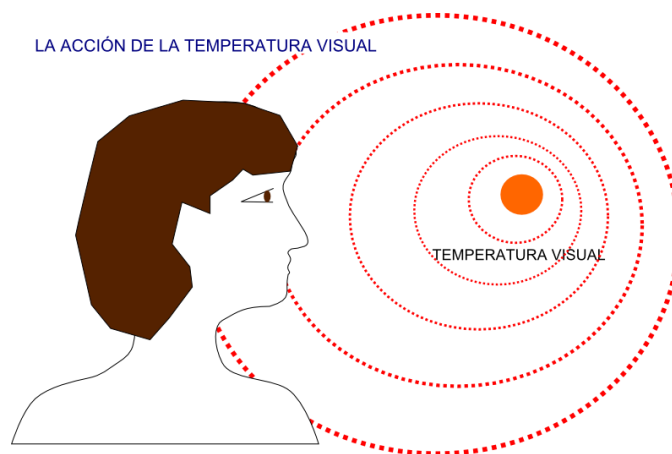


Figura 369

En el caso de la acción sensorial debida a la temperatura, al igual que la magnitud física, la entendemos como una acción atmosférica (Figura 369). Es decir, afecta al ambiente y a la escena que representa la imagen visual. En este caso, en la imagen visual se pueden representar los focos fríos y cálidos, y se pueden determinar las posiciones de sus resultantes y sus magnitudes térmicas. De igual forma, se puede determinar la resultante total sobre la imagen visual, entendiéndose como un foco radiante de calor o de frío (Figura 370).

RESULTANTE DE LOS TRES FOCOS CALIDOS DE LA IMAGEN

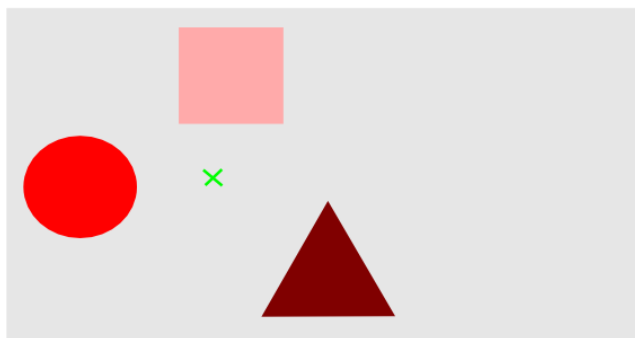


Figura 370

El peso, la intensidad y la temperatura visual son acciones relacionadas. La relación peso-intensidad ya se ha explicado. La relación intensidad-temperatura hace que según se pierda la intensidad se vaya perdiendo el poder térmico, ya que los colores se vuelven grises y sin capacidad de transmitir sensaciones térmicas, mientras que cuanto más intensidad exista, más temperatura existirá o más contraste térmico entre los polos que los definen. La relación peso-temperatura se establece en torno a sus significaciones, ya que se suelen asociar los tonos cálidos como dilatados y leves. Mientras que los tonos fríos se asocian a tonos comprimidos y pesados.

6.1.6.1. Acción conjunta de las cualidades perceptuales del color actuando en una imagen

Supongamos la siguiente representación de una flor (Figura 371). Sobre la imagen integral, es decir entendiendo toda la imagen como figura (6.1.6.4↔6.2.8), podemos determinar sus acciones visuales de peso, intensidad y temperatura.

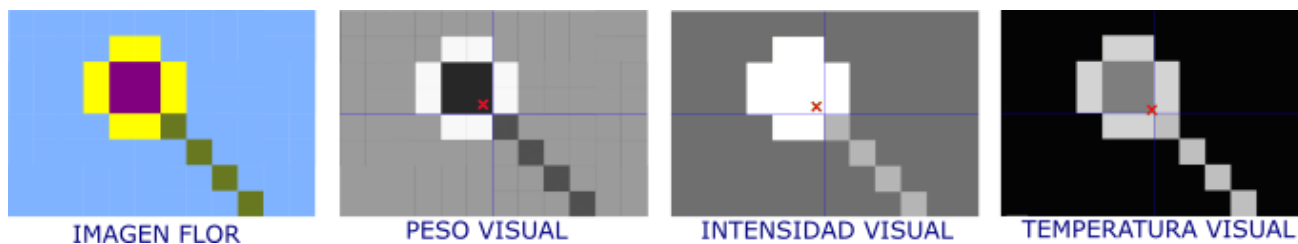
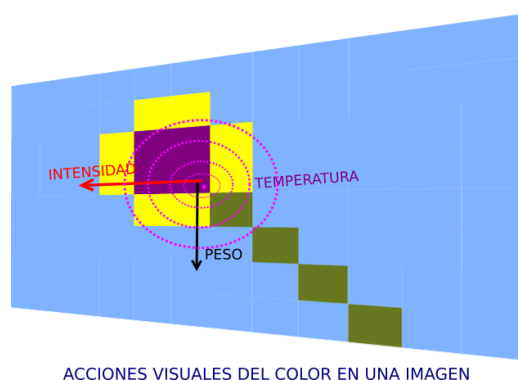


Figura 371

En cuanto, al *peso visual* observamos que tiene una densidad media (luminosidad) de 0.6428, es decir, más bien clara un poco mayor que la media que queda en 0.5. Su peso relativo es de 0.062, lo que nos muestra que tiene poco contraste de luminosidad en la imagen global, mientras que su centro gravedad queda en (294,192) respecto el centro que se encuentra en 316,212, es decir un poco descentrado cuadrante superior-izquierda.

En cuanto, a la *intensidad visual* observamos que tiene un croma medio de 0.5743, cercano al croma medio. Su intensidad relativa es de 0.1199, lo que nos muestra que solo opone contraste de intensidad la flor y al ser relativamente pequeña, no es acusado, mientras que el origen de la intensidad queda en (298,195) respecto el centro que se encuentra en 316,212, es decir un poco descentrado cuadrante superior-izquierda, y muy cercano al del peso visual.

Por último, relativo a la *temperatura visual* observamos que tiene una temperatura media de 0.14, es decir fría, debida a la mayor acción del fondo de la flor. Su temperatura relativa es de 0.2022, en este caso el contraste que muestra la flor con sus tonos cálidos se hace notar. El foco de la temperatura queda en (310,207) respecto el centro que se encuentra en 316,212, es decir muy poco descentrado cuadrante superior-izquierda, y cercano a los centros del peso visual y de la intensidad. Por lo tanto, podríamos representar estas acciones sobre la imagen de la siguiente forma (Figura 372);



ACCIONES VISUALES DEL COLOR EN UNA IMAGEN

Figura 372

6.1.7. LA ACCIÓN SENSORIAL DEBIDA A LAS INTERACCIONES DE LAS FORMAS

Regularidad visual

Las formas también tienen poder expresivo como cualidades sensoriales que son. Debido a la geometría de las formas, de sus posiciones relativas y de sus orientaciones estas también nos transmiten acciones sensoriales dentro de la imagen visual, dado que seguimos utilizando el marco de la imagen visual como referencia, entonces la comparación por tamaño siempre estará presente en la interacción. Ante esta acción visual, los dos polos que se establecen atienden a los extremos regularidad-irregularidad.

La regularidad puede establecerse en torno a delimitaciones abiertas o cerradas, o a degradados, es decir cualquier elemento capaz de crear forma en la imagen visual, es apto de adoptar cierta regularidad.

Cuanto más regular es una forma, mejor atiende al principio de la Pregnancia (5.3.7.2↔6.1.7), es más sencilla y fácil de aprehender. Por otro lado, cuanto más irregular y compleja, se aleja de este principio y se hace difícil de visualizar.

La acción de la regularidad global la entendemos como una sensación única, cuanto más regular sean las figuras y las relaciones entre sus posiciones y direcciones más regularidad global tendrá la imagen visual.

6.1.7.1. La regularidad en función de la forma

La regularidad de las delimitaciones abiertas quedan establecidas por las delimitaciones más sencillas, en este caso estamos hablando de líneas rectas (5.3.4.2↔6.1.7.1), donde en primer lugar establecemos la línea recta horizontal, luego la vertical y por último la inclinada o diagonal, luego aparecen las curvas y por último las *polilíneas* abiertas (Figura 373).



Figura 373

En el caso de figuras, es decir curvas o polilíneas cerradas que aparecen solas en la imagen visual, establecemos como figura regular de referencia la circunferencia (Figura 374). Esta se establece como polo de regularidad formal por lo tanto le otorgamos el valor de la unidad. Por otro lado, el otro polo, estaría formado por aquella figura captable en nuestra imagen visual lo más irregular posible. Dado que la regularidad, se establece en función del número de lados, la relación entre sus ángulos, sus lados y sus trayectorias, pueden existir diferentes figuras que atiendan al otro polo. De esta forma, cualquier figura donde relación entre sus ángulos, lados y trayectorias sea cero, pertenecerá al polo irregular.

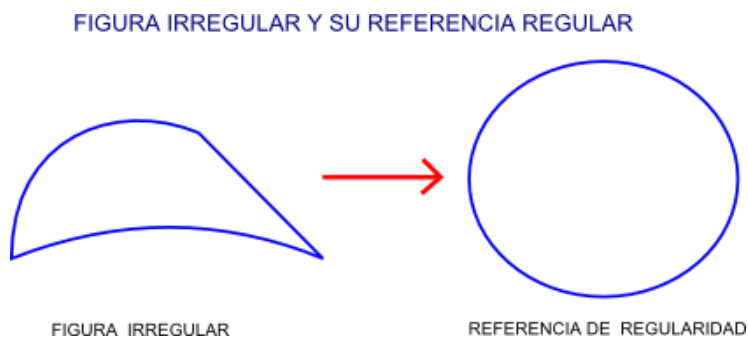


Figura 374

La simetría y la asimetría en la regularidad

La simetría es un factor de regularidad, ya que hace que una forma sea igual (regular) respecto de dos mitades. Según Wucius Wong²⁸¹ “Las figuras simétricas son figuras regulares cuyas mitades izquierda y derecha se pueden obtener por reflexión en un espejo. Una recta invisible, un eje, divide la figura en dos partes iguales. Una figura simétrica puede colocarse horizontalmente o con una inclinación”.

Una figura puede ser simétrica respecto de un eje, respecto de dos o respecto de más. En general cuantos más ejes de simetría tenga una figura más regular será (Figura 375).

²⁸¹ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

REGULARIDAD Y EJES DE SIMETRÍA EN DIFERENTES FIGURAS

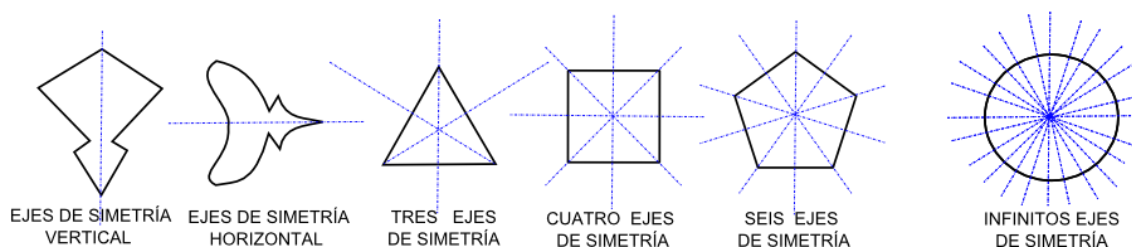


Figura 375

La asimetría aparece cuando se desalinean las dos mitades, cuando se solapan o cuando se añade alguna variación a algunas de ellas. Por lo tanto, como en la asimetría aparecen ciertas variaciones respecto de la reflexión, se pierde un poco de regularidad, no obstante la asimetría otorga cierta singularidad a algunas figuras.

Determinación de la regularidad de una delimitación cerrada plana

Una figura se establece mediante una delimitación cerrada. Como vimos al estudiar los tipos de delimitaciones (5.3.4.2↔6.1.7.1). Las delimitaciones cerradas se pueden definir mediante una serie de líneas simples unidas todas entre sí por sus extremos, pudiendo tener trayectoria recta o curva. Si las delimitaciones están cerradas exclusivamente por líneas rectas estamos ante polígonos. Si está formada por curvas estamos ante una curva cerrada y si nos encontramos ante una composición mixta tenemos una polilínea cerrada. La figura cerrada más regular y simple es la circunferencia, es decir una sola curva cerrada. La más compleja sería una polilínea cerrada que tendría un número aproximado al infinito de lados, con una relación de proporcionalidad entre sus lados y entre sus ángulos totalmente irregular y con una variación de las delimitaciones que unen sus vértices y/o inflexiones máxima, es decir desde la curva más pronunciada a la recta.

El concepto es que según vamos incluyendo vértices y modificando sus lados, al final podemos hacer que una figura regular se convierta en cualquier figura irregular. D.A. Dondis²⁸² lo expresa hablando del cuadrado, el triángulo y el círculo; *“a partir de estos contornos básicos derivamos mediante combinaciones y variaciones inacabables todas las formas físicas de la naturaleza y de la imaginación del hombre”*.

De la misma forma Wucius Wong²⁸³ comenta sobre la regularidad y sus variaciones;

“Los principios se refieren a las relaciones y estructuras específicas de los elementos, formas y figuras. Parecería que predomina una cierta tendencia hacia la regularidad, ya que la regularidad de las relaciones y estructuras invariablemente tiene una base matemática y puede describirse con mayor exactitud. Con frecuencia, la regularidad se convierte en un punto de partida, del que, no obstante, se pueden buscar las posibilidades de transformación, modificación y desviación totales o parciales”.

Por lo tanto, nosotros establecemos como referencia de regularidad la figura de la circunferencia, y de esta forma podemos definir un espacio multidimensional donde encuadrar toda delimitación de una figura plana. El problema es que este espacio tiene una *dimensionalidad* teórica infinita, de la misma manera que existen infinitas posibilidades en sus cualidades definitorias. La cualidad *teórica* se establece en atención a nuestra visión, ya que cuando una figura supera un

²⁸² DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²⁸³ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

determinado número de lados, no pueden detectarse todos por nuestra visión, y este número depende de las cualidades de cada observador y la conformación de la figura.

Las cualidades que van a definir una figura serán; el número de lados (vértices/inflexiones), la relación entre sus ángulos, la relación entre sus lados y la relación de sus trayectorias. Por lo tanto, existen infinidad de figuras, tal y como podemos encontrar en la naturaleza. Dado que estamos atendiendo a la cualidad de regularidad formal de la figura, sus otras cualidades como el tamaño, la posición y la orientación de la figura no se tratan en este espacio, ya que son variables independientes de la regularidad de la delimitación.

Por lo tanto, la primera dimensión o variable la vamos a establecer en función del número de lados o vértices que tenga la figura. Por ejemplo, podemos elegir una figura de tres vértices, un lado o trayectoria recta y dos trayectorias curvas como la que se muestra en la imagen (Figura 376).

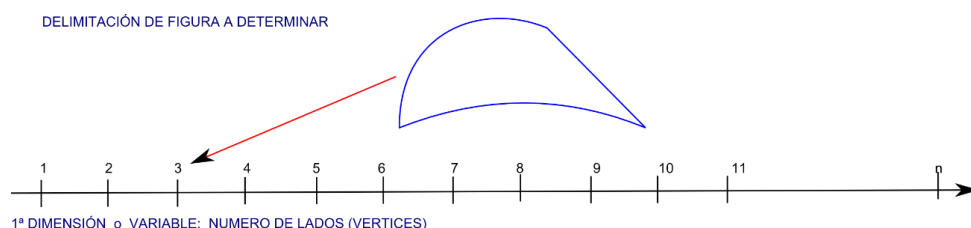


Figura 376

Una vez establecido el número de lados, podemos establecer la relación entre los ángulos que unen sus vértices. Las variables de un triángulo con tres ángulos se pueden representar en un espacio tridimensional. Esta relación está sujeta a la limitación $a+b+c = 180^\circ$, lo que convierte dicho espacio en un plano. Por ejemplo, la delimitación del triángulo definido por los ángulos $33.69^\circ, 101.31^\circ, 45^\circ$ aparece seis veces, tres de forma girada y tres de forma simétrica por lo que de esta forma también se puede reducir el espacio (Figura 377).

2ª DIMENSIONES o VARIABLES: RELACIÓN ENTRE ÁNGULOS

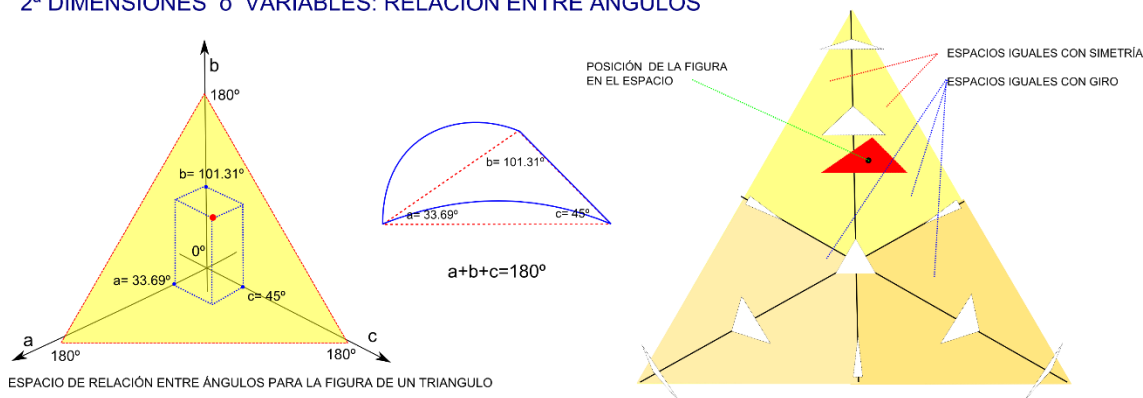


Figura 377

Una vez establecida la relación entre los ángulos, se debe determinar la relación entre los lados. En el caso del triángulo, esta dimensionalidad no existe, es decir está totalmente limitada, debido a que si queremos modificar un lado, respecto a otro implica cambiar los ángulos y estos ya están definidos (Figura 378). Para entender como varían, estas proporciones veremos más adelante la variabilidad de relación entre lados.

3ª DIMENSIONES o VARIABLES: RELACIÓN ENTRE LADOS

RELACIONES DE PROPORCIÓN ENTRE TRAYECTORIAS RECTAS QUE UNEN LOS VERTICES

$$RL = A' / B' / C' = 0.72 / 0.57 / 1$$

- EN ESTE CASO SU ESPACIO ESTA LIMITADO TOTALMENTE POR: $a+b+c=180^\circ$

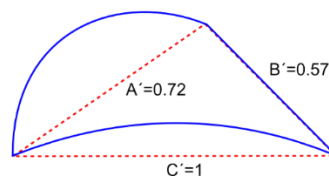


Figura 378

Por último, debemos establecer la trayectoria de cada lado, en nuestro caso nos encontramos con otro espacio con tres ejes en el cual; la trayectoria B es recta, la A es curva convexa y la C tiene una trayectoria curva cóncava. Estas curvas quedan definidas por sus índices de curvatura, siendo $A=+0.25$ y $C=-0.07$. B al ser recta es neutra con un valor de cero. Con lo que con todos estos valores queda totalmente definida la forma de la figura (Figura 379).

4ª DIMENSIONES o VARIABLES: RELACIÓN ENTRE TRAYECTORIAS

- ENTENDEMOS DOS TIPOS DE TRAYECTORIAS RECTA Y CIRCULAR.
- CUALQUIER CURVA QUE NO SEA CIRCULAR SE PUEDE DESCOMPONER EN SECTORES CIRCULARES SIENDO SUS ENCUENTROS NUEVOS VERTICES.
- LAS TRAYECTORIAS PUEDEN SER POSITIVAS CUANDO LA CURVA ES CONVEXA EN RELACIÓN A LA FIGURA Y NEGATIVAS CUANDO ES CONCAVA.
- TODAS LAS RECTAS SON NEUTRAS.
- TODA TRAYECTORIA CURVA SE PUEDE DEFINIR POR SU SIGNO Y EL INDICE DE CURVATURA.

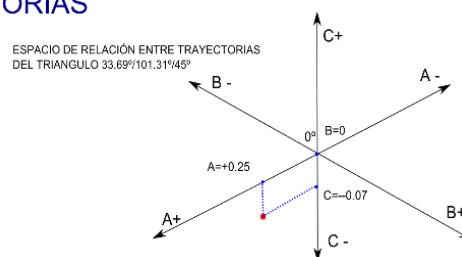
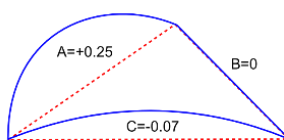


Figura 379

En función de la complejidad de la figura, esta ampliará sus variables o posibilidades dimensionales. Por lo tanto, podemos definir la delimitación de cualquier figura mediante este conjunto de datos. Por ejemplo, la siguiente figura real (Figura 380) se define de esta forma:

DEFINICIÓN DE UNA FIGURA

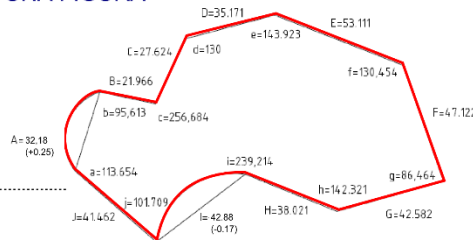
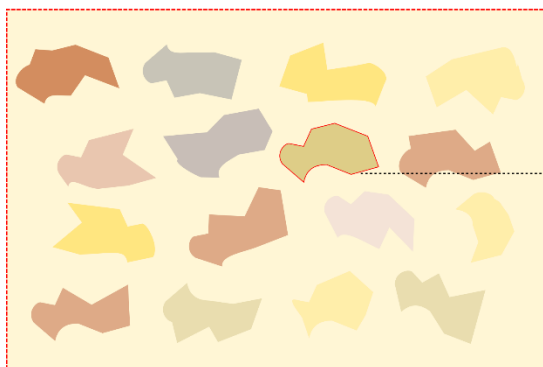


FIGURA 1	Nº LADOS 10									
VERTICES	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
	113,65	95,61	256,68	130	143,92	130,45	86,46	142,32	239,21	102,71
LADOS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	32,18	21,97	27,62	35,17	53,11	47,12	42,58	38,02	42,88	41,46
TRAYECTORIAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	0,25	0	0	0	0	0	0	0	-0,17	0

Figura 380

También, puede darse el caso de aparecer varias delimitaciones cerradas con vértices múltiples, es decir conformando una figura compuesta. En este caso, la regularidad de la figura total se define como la media de las sub-figuras que la componen:

$$Figura\ compuesta = (Figura\ 1 + Figura\ 2 + \dots + Figura\ n) / n$$

La regularidad de cualquier figura, por lo tanto se establece en función de cómo se aproxime a la referencia (circunferencia), o dicho de otra forma determinando la distancia que la separa de la circunferencia en su espacio multidimensional.

Numero de lados, vértices e inflexiones

En los polígonos, las curvas cerradas y las polilíneas que delimitan las figuras, la primera variable dimensional que vamos a tener en cuenta es el número de lados (vértices) que posea la figura.

En el caso de trayectorias rectas, los vértices quedan claramente definidos, sin embargo en el caso de trayectorias curvas, las intersecciones de estas pueden crear inflexiones o tangencias como estudiamos (5.3.4.2↔6.1.7.1)

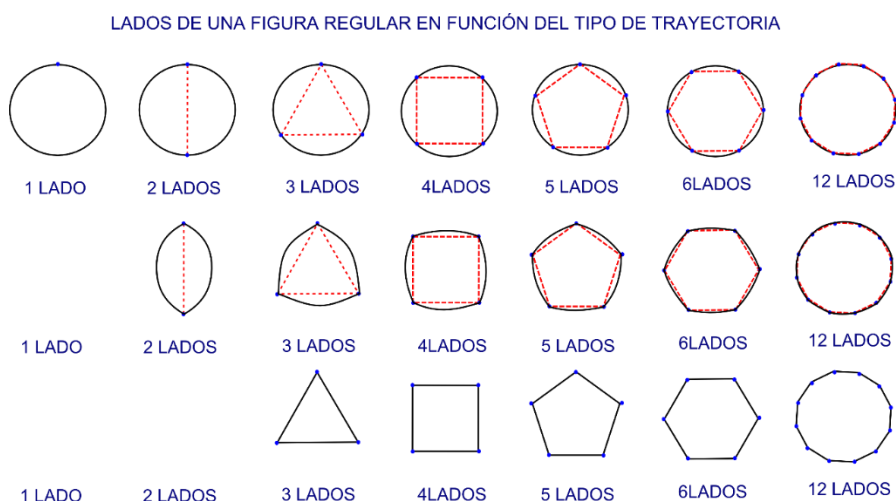


Figura 381

Establecemos que en delimitaciones curvas se pueden establecer tantos vértices como se estimen oportunos, ya que su regularidad definitiva será la misma. Por ejemplo, una circunferencia la podemos entender compuesta por un vértice, por dos vértices, por tres vértices, etc hasta llegar a infinitos vértices con diferentes trayectorias curvas, que son todas tangentes entre ellas, y que su regularidad definitiva siempre será la unidad (Figura 381). Según aumentamos el número de vértices el índice de curvatura de las trayectorias disminuye en función inversa. Por otro lado, observamos que un polígono tiene un mínimo de tres lados, ya que sus trayectorias son obligatoriamente rectas.

Dado que nos interesa establecer la variación respecto de la figura más regular, es decir la circunferencia, observamos que independientemente del número de lados que tenga cualquier polilínea cerrada regular, está puede formar una circunferencia adoptando una curvatura concreta en sus trayectos.

Si adoptamos la variabilidad como la inversa de la regularidad, y podemos determinarla, entonces determinaremos su regularidad.

Para polígonos regulares observamos que cuantos más lados tiene el polígono más se aproxima a la figura de una circunferencia de tal forma que podemos determinar su función de variación para el numero de lados como;

$$Vn^o=100/n$$

Siendo Vn^o la variación (con un rango que va de 0 a 100) y n el número de lados (con un rango de 0 a 100). Adoptamos un valor de 100 (siendo este el número de lados que adoptamos como aptos de detectarse visualmente en una figura) como circunferencia o variación cero.

En este caso, un polígono regular de 100 lados ($n=100$) tendrá una variación de $Vn^\circ=100/100=1$, o del 1%, es decir una regularidad respecto a la circunferencia del 99%. En el caso de un triángulo equilátero tendrá una variación de $Vn^\circ=100/3=33$, o del 33%, es decir una regularidad respecto a la circunferencia del 67%.

Como podemos observar la función de la variabilidad es del tipo $y=100/x$ para unos ejes de referencia x e y .

Por lo tanto, para trayectorias curvas, la función desciende hasta el valor en el que la polilínea regular con trayectoria curva se iguala con la circunferencia y su variación se hace cero, es decir; $y= (100/x)-(i_c*100)$, o $Vn^\circ=(100/n)-(i_c*100)$; donde i_c es el índice de curvatura que se multiplica por 100 para obtener valores en %, por lo tanto cuando $i_c*100=100/n$ se iguala a cero. Por lo que obtenemos que con $i_c= 1/n$ la polilínea regular será una circunferencia (Figura 382).

VARIABILIDAD DE POLILÍNEAS REGULARES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE LADOS

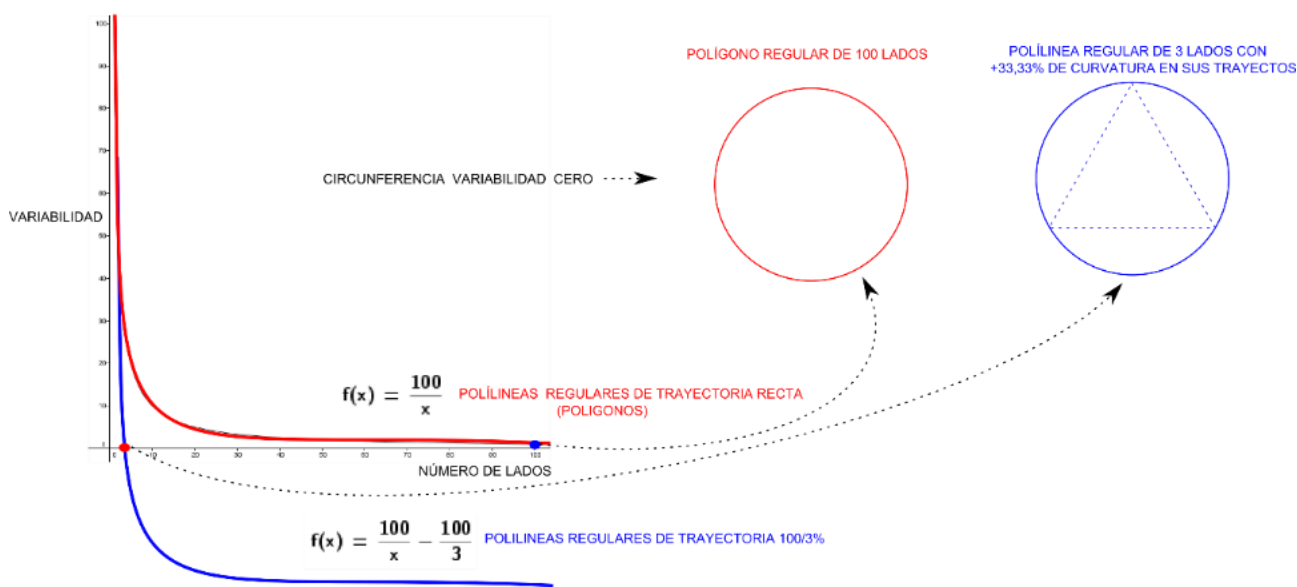


Figura 382

Como podemos observar si entendemos una circunferencia como una polilínea curva regular con tres vértices y unas trayectorias con $i_c= 1/3=0,33$ (33,3%), vemos que tiene una variabilidad respecto de la circunferencia de cero, es decir es una circunferencia, y su regularidad es la unidad. Cuando el trayecto curvo aumenta y pasa el límite, la variación empieza a crecer pero en este caso con valor negativo.

Sin embargo, la mayoría de las polilíneas cerradas no son regulares, por lo tanto vamos a estudiar por otro lado el grado en el que se separa la delimitación de una figura irregular respecto de su imagen regular. Es decir, vamos a estudiar el grado en el que varían entre sí sus ángulos, sus lados y sus trayectorias, respecto su imagen regular, es decir respecto de la misma figura pero regular.

Relaciones entre ángulos

En torno a la relaciones entre los ángulos de una polilínea cerrada, vamos a estudiar su variabilidad midiendo los ángulos que aparecen entre las líneas rectas que unen sus vértices. Aunque la figura tenga trayectorias curvas, podemos determinar los ángulos entre sus vértices como vimos al estudiar las trayectorias (5.3.4.2↔6.1.7.1).

Decimos que dos ángulos internos, son iguales cuando coinciden, con un valor de 0% de variabilidad y su variabilidad máxima o 100% se determina cuando la diferencia entre sus ángulos se aproxima 360°. Dado que se puede calcular la suma de ángulos internos de todo polígono mediante;

$$S_a = (n-2) \cdot 180$$

Siendo; n = el número de lados o vértices,

Entonces, podemos obtener el ángulo que determina su regularidad, que será;

$$A_m = S_a/n$$

Dada la limitación establecida, podemos establecer una referencia de variación en este ángulo; A_m si existe una variación de 0° entonces será la variación de 0%, si existe una variación igual A_m entonces la variabilidad será 1, es decir 100%.

$$V_{aI} = (A_m - A_I) / 360^\circ \text{ (en tanto por uno) } \text{ o } V_{aI} = 100 \cdot (A_m - A_I) / 360^\circ \text{ (en tanto por ciento)}$$

Donde A_I sería el ángulo del vértice I y V_{aI} su variabilidad respecto del ángulo medio A_m . También puede ser negativa cuando el ángulo A_I sea superior al ángulo A_m . Por lo tanto, de esta forma podemos establecer la variabilidad media entre los ángulos de una figura;

$$V_a = \frac{|\sum_{i=1}^n V_{a_i}|}{n}$$

Siendo; V_{a_i} = la variabilidad del ángulo i en relación al ángulo regular según la referencia establecida para dicha regularidad y n = el número de ángulos en la figura.

Relaciones entre lados

Por otro lado, vamos a tener en cuenta otra variable dimensional de la figura; las relaciones entre sus lados. Generalmente, estas relaciones, están directamente relacionadas con las relaciones entre ángulos. Si la delimitación de una figura se mantiene igual, aunque sufra una operación como rotación o escala (lo mismo pasa con los ángulos) entonces no se interpreta que exista variación en la delimitación. Es decir la figura es la misma, aunque exista cambio de tamaño, posición u orientación.

Por ejemplo, un triángulo no tiene posibilidad de cambiar las relaciones entre sus lados sin cambiar las relaciones entre sus ángulos, por otro lado un cuadrilátero puede mantener el número de lados, las trayectorias y la relación entre ángulos, pero cambiar su figura al cambiar las relaciones entre sus lados.

Los lados de un polígono están limitados de tal forma que la suma de sus lados tiene que ser siempre igual al perímetro. Podemos determinar L_m como el lado medio de la figura, definido;

$$L_m = P_p / n$$

Siendo, P_p = Perímetro polígono y n el número de lados. Dado que la longitud de un lado, nunca puede ser mayor que la mitad del perímetro, este establecerá su referencia máxima.

Al tener el lado medio L_m , lo utilizaremos como referencia de variabilidad, de la misma forma que lo hicimos con los ángulos;

$$V_{lI} = (L_m - L_I) / (P_p/2) \text{ (en tanto por uno) } \text{ o } V_{lI} = 100 (L_m - L_I) / (P_p/2) \text{ (en tanto por ciento)}$$

Donde L_i sería el lado i del polígono y V_{L_i} su variabilidad respecto del lado medio. De esta forma, podemos establecer el valor medio de la variabilidad entre los lados de toda la figura de la forma siguiente;

$$V_l = \frac{|\sum_{i=1}^n V_{L_i}|}{n}$$

Siendo; V_{L_i} la variabilidad del lado i en relación al lado L_i regular según la referencia establecida y n el número de lados de la figura.

Relaciones entre trayectorias

Por otro lado, la segunda variable dimensional será la de la trayectoria. Como vimos, la trayectoria de una delimitación se puede describir mediante una ecuación matemática. Esta ecuación puede hacer referencia a los ejes (x e y) que definen la celda patrón. Por lo tanto, si dos delimitaciones atienden a las mismas ecuaciones serán iguales en su trayecto. Según las ecuaciones se separen más en sus variables entonces serán más diferentes. Por ejemplo, para una delimitación recta expresada de la siguiente forma: $ax + by = c$, entenderemos como delimitaciones iguales; $y=5x$, $y= x-2$, $x=2$, $x=3y+5$, etc. Evidentemente las representaciones de estas delimitaciones no son iguales pero si nos fijamos bien, lo que cambia en cada una respecto de la otra es la posición y la rotación respecto de los ejes de referencia. Es decir, que si movemos y/o rotamos los ejes de referencia adecuadamente las delimitaciones coincidirán exactamente en lo que es una recta. El grado de curvatura en una trayectoria viene determinada en una ecuación por uno de los parámetros que la configura como vimos al estudiar las delimitaciones curvas (5.3.4.2↔6.1.7.1).

Para simplificar, nosotros en función de la trayectoria, estableceremos el índice de curvatura i_c , que como vimos se definía como $i_c= L/n$ para un polígono regular de n lados que coincide con una circunferencia.

El índice de una trayectoria que es 0 para una línea recta, y de $\pm 0,5$ cuando la línea curva delimita media circunferencia. Cualquier curva con curvatura diferente a la de la circunferencia se puede determinar por simplificación como la composición de varias curvas unidas en nuevos vértices (Figura 383). De igual forma, cuando el índice supere el 0,5 la interpretaremos la curva como como una composición de curvas.

VALOR DE UNA TRAYECTORIA CURVA

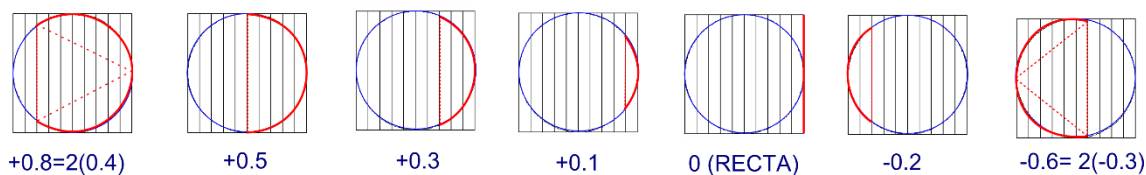


Figura 383

Por lo tanto, el índice de curvatura se determina mediante el arco de esta, adoptando valores entre $+0,5$ y $-0,5$, indicándonos su polaridad si la curva es convexa o cóncava respecto del interior de la figura. Lo podemos expresar:

$$i_c= d_i/D$$

Donde; d_i = distancia desde el punto medio de la recta que une los vértices al centro de la curva. D = diámetro de la circunferencia a la que pertenece la curva.

Tal y como hemos comentado, dado que una trayectoria recta que cambia a curva en una polilínea puede tener dos posibilidades; que la curva sea cóncava o convexa hacia su interior. Diferenciaremos estas, mediante su signo, de tal

forma que cóncavo será negativo y convexo positivo. Por lo tanto, la variabilidad estará comprendida entre el 0.5 convexo y el -0.5 cóncavo, es decir la variabilidad máxima que se establece como referencia es 1 (Figura 378).

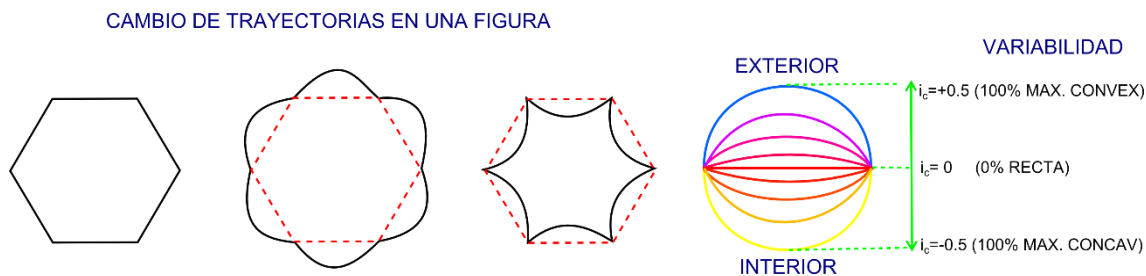


Figura 384

Podemos determinar t_m como el índice de curvatura de trayecto medio de la figura, definido;

$$t_m = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

Siendo, i_i índice de curvatura de lado i y n el número de lados.

Al tener el índice medio t_m , lo utilizaremos como referencia de variabilidad, de la misma forma que lo hicimos con los ángulos y los lados;

$$V_{tI} = (t_m - t_I) / I = t_m - t_I \text{ (en tanto por uno) } \text{ o } V_{tI} = 100 (t_m - t_I) \text{ (en tanto por ciento)}$$

Para determinar la variabilidad de trayectorias de una figura (V_t) utilizaremos su variabilidad media de la siguiente manera;

$$V_t = \frac{|\sum_{i=1}^n Vt_i|}{n}$$

Donde Vt_i sería la variabilidad del trayecto i respecto del trayecto medio y n el número de lados o trayectorias de la delimitación.

Por lo tanto, vamos a establecer la variabilidad de una figura irregular respecto de la referencia de su figura regular con el mismo número de lados (vértices) y con su curvatura media, mediante la distancia que separa estos valores:

$$Vir_1 = \sqrt{Va_1^2 + Vl_1^2 + Vt_1^2}$$

Donde, Vir_1 es la variabilidad de la delimitación I , y Va, Vl y Vt las variabilidades de ángulos, lados y trayectorias de la misma figura.

Por lo tanto, la variabilidad de una delimitación cerrada irregular respecto una circunferencia, será el vector distancia de la suma de la distancia que la separa de su referencia regular más la distancia que separa su referencia de la circunferencia (Figura 385).

$$Vf_1 = \sqrt{Vr_1^2 + Vn_1^2}$$

DELIMITACIÓN DE UNA FIGURA, SU REFERENCIA REGULAR Y SU CIRCUNFERENCIA

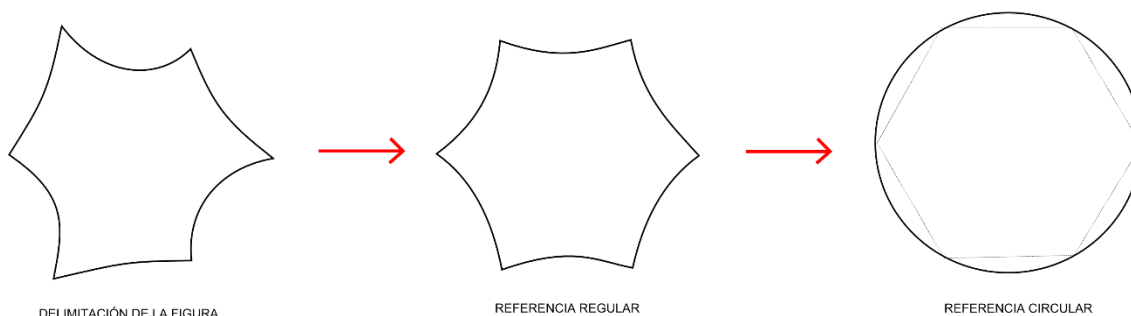


Figura 385

Por lo tanto, en el ejemplo de la figura que utilizamos al comienzo de este tema (Figura 386); sus datos de definición eran los siguientes;

Figura 1	Nº lados = 3		
Ángulos	a=33.69°	b=101.31°	c=45°
Lados	Á=0,72	B´=0,57	C´=1
Trayectorias	A=+0.25	B=0	C=-0,07

Por lo tanto; su ángulo regular es; $A_m = S_a/n = 180/3 = 60^\circ$ y atendiendo a $V_{a1} = (A_m - A_1) / 180^\circ$;

$V_{a1} = 0.14$; $V_{a2} = -0.22$; $V_{a3} = 0.08$, entonces su variabilidad respecto a los ángulos es $V_a = 0.14$

En cuanto a sus lados tenemos; $L_m = P_p / n = 0.76$ y atendiendo a $V_{l1} = (L_m - L_1) / 1.145$;

$V_{l1} = 0.04$; $V_{l2} = 0.16$; $V_{l3} = -0.21$, entonces su variabilidad respecto a los lados es $V_A = 0.14$

Por ultimo entono a sus relaciones tenemos; $T_m = 0.18/3 = 0.06$ con $V_{t1} = t_m - t_1$ siendo;

$V_{t1} = -0.19$; $V_{t2} = 0.06$; $V_{t3} = 0.13$, entonces su variabilidad respecto a las trayectorias es $V_{tA} = 0.38$

DELIMITACIÓN DE LA FIGURA PROPUESTA , SU REFERENCIA REGULAR Y SU REFERENCIA A LA CIRCUNFERENCIA



Figura 386

De aquí podemos obtener su variabilidad respecto a la figura regular de referencia de;

$$Vir_1 = \sqrt{Va_1^2 + Vl_1^2 + Vt_1^2}$$

Siendo; $Vir_1=0,428$

Por último, podemos establecer su variabilidad respecto de su circunferencia de referencia;

Dado que como vimos para convertir un triángulo equilátero se necesita curvar sus trayectorias $i_c=0,33$, y este representa el tanto por uno de variabilidad entonces, dado que nuestra figura regular tiene un $i_c=0,06$, entonces, la variación de trayectos que son necesarios es la diferencia; $\Delta i_c=0,33-0,06= 0,27$, es decir $Vn^o_1= 0,27$ (27%).

Por lo tanto, su variación total respecto de la circunferencia será;

$$Vf_1 = \sqrt{Vr_1^2 + Vn^o_1^2}$$

Dando; $Vf_1= 0,506$ y siendo su regularidad total la inversa, es decir; $Rf_1=0,494$, es decir, un 49,4%.

Regularidad formal en varias delimitaciones o figuras en la imagen visual

Cuando aparecen un grupo de delimitaciones o figuras en la imagen visual, se puede establecer la regularidad formal del conjunto. Estableciendo la regularidad ponderada por el espacio o tamaño que ocupa cada una en la imagen visual (Figura 387).

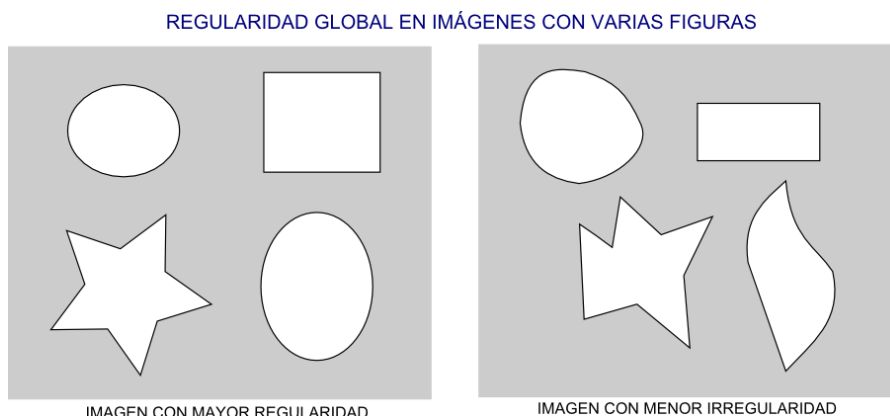


Figura 387

6.1.7.2. La regularidad en función de la posición

Por otro lado, una misma figura puede posicionarse en diferentes partes de la imagen visual y su efecto puede cambiar en función de su variación en las diferentes posiciones que puede adoptar a lo largo del marco de esta, independientemente de su regularidad formal propia.

Ante las figuras (Figura 388) Arheim²⁸⁴ comenta; *“No vemos el disco y el cuadrado por separado. Su relación espacial dentro del todo es parte de lo que vemos. Ningún objeto se percibe como algo único o aislado. Ver algo implica*

²⁸⁴ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

asignarle un lugar dentro del todo: una ubicación en el espacio, una puntuación en la escala de tamaño, de luminosidad o de distancia”.

INTERACCIÓN ENTRE UN DISCO Y UN CUADRADO

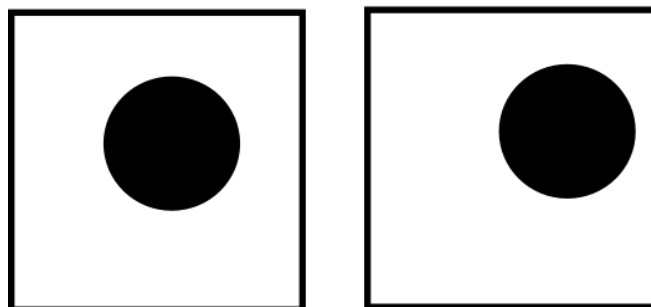


Figura 388

Como hemos visto, el peso visual, establece la acción en función de la posición, de la luminosidad y del tamaño. Mientras que la intensidad su relación es con las posiciones, los cromas y los tamaños, y la temperatura depende del lugar donde se posicionan los diferentes tonos y los tamaños que ocupan.

Cuando tratamos la regularidad posicional, entonces nos interesa la regularidad de la figura y su posición en la imagen. Wucius Wong²⁸⁵ describe la posición de una forma de la siguiente forma; “La posición de una forma es juzgada por su relación respecto al cuadro o la estructura del diseño”. Cuando tratamos de una sola figura plana monocromática y su centro de gravedad coincide con el centro de la imagen entonces decimos que la figura esta equilibrada.

Sin embargo, lo normal es que en nuestra imagen visual aparezcan varias figuras. En este caso, a parte de la regularidad de cada una de ellas, también entran en juego sus disposiciones relativas en torno a la imagen, la cual puede ser regular o irregular. En este caso, nos sirve el estudio de la posición relativa de las figuras que componen una textura (5.4.3.3↔6.1.7.2) para establecer el nivel de esta regularidad.

Hablando de la interrelación de formas, Wucius Won²⁸⁶ nos explica que las formas pueden encontrarse posicionadas entre sí de diferente manera: *Distanciamiento, Toque, Superposición, Penetración, Unión, Sustracción, Intersección y Coincidencia*.

Regularidad Posicional

Para establecer la posición relativa de cada figura utilizamos la referencia de su centro de gravedad (C.G) y las posiciones de los centros de gravedad de todas las figuras quedan establecidas como una nube de puntos que nos informan de la regularidad general de la imagen. Los tamaños en esta ocasión establecen los límites entre las figuras y por lo tanto, también influyen en el posicionamiento.

La posición de una delimitación o figura se establece definiendo el lugar donde se sitúa su C.G sobre la superficie de la imagen visual. Por lo tanto, se hacen necesarias unas coordenadas sobre esta (Figura 389).

²⁸⁵ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²⁸⁶ Ibid

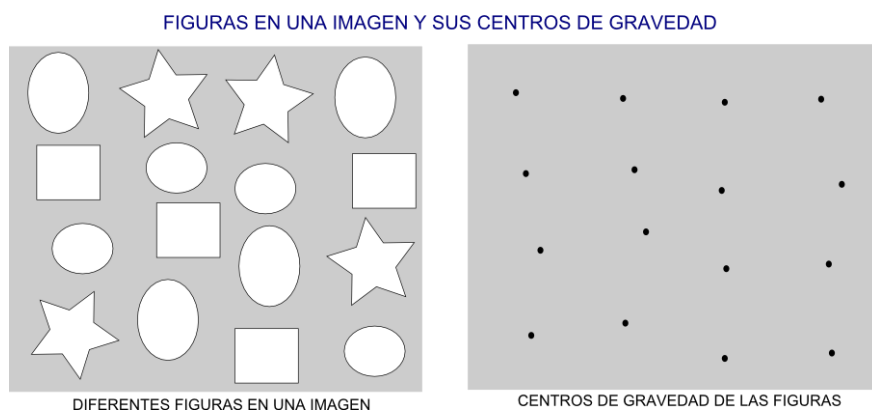


Figura 389

En el caso de varias trayectorias iguales, su diferencia de posición se refleja en el cambio de ciertos parámetros de la ecuación. Por ejemplo en la ecuación de una recta; $ax + by = c$, siendo sus ejes x e y : "c" es el parámetro que se encarga del desplazamiento (en este caso de forma paralela a la recta)

En el caso de una delimitación curva, por ejemplo el de una parábola del tipo; $ax^2 + bx + c = y$, existe un parámetro que afecta a la trayectoria de la curva. En concreto el parámetro "a" afecta a la abertura de la trayectoria de la curva. Según "a" se acerca a 0, la ecuación se va acercando a la ecuación anterior de la recta y según aumenta la curva se va haciendo más acusada. Por lo tanto, este valor, será el que nos indique el grado de semejanza entre trayectorias.

Como vimos, otra forma de interpretar un desplazamiento o giro es a través del cambio de los ejes, es decir mantener la delimitación estable y desplazar o girar los ejes hasta igualar la delimitación con la de referencia.

En el caso de la delimitación cerrada de una curva, que atiende a la ecuación general $ax^2 + bx \cdot y + cy^2 + dx + ey = f$, y que podemos describir particularmente como $(x-a)^2 + (y-b)^2 = c^2$. Los parámetros "a" y "b" son las coordenadas respecto los ejes de referencia y "c" es el radio.

En el caso de polilíneas o polígonos, el cambio de posición se establece de la misma forma, es decir, por el desplazamiento sufrido sobre los ejes de referencia.

Dado que al estudiar la regularidad o variación de varias figuras, debemos analizar el cambio de posición de unas respecto de otras, debemos comparar las posiciones relativas de cada figura respecto del resto de figuras de la imagen. Si una figura mantiene las mismas relaciones de posición respecto de la comparada, entonces no han sufrido variación de posicionamiento alguno por lo que se la asigna un 0% de variabilidad. El cambio de posición mayor se establece en función de la mayor distancia que separa dos figuras en la imagen. Si una figura varía su posición relativa respecto de la comparada hasta la distancia mayor, entonces tiene un 100% de variabilidad. La posición de cada figura se establece mediante su C.G (6.1.7.2 ↔ 6.2.5). El centro de gravedad es el punto que se describe mediante unas coordenadas x e y respecto de los ejes de coordenadas.

La variación de posición entre dos puntos respecto de unos ejes, se establece por la diferencia de coordenadas entre dichos puntos, o mediante una distancia y un ángulo (Figura 390).

Para estudiar, las relaciones posicionales entre varias figuras en una imagen en primer lugar determinamos los C.G de estos y los lazos que unen los centros de gravedad mediante líneas rectas, de tal forma que no existan cruces de lazos. De tal forma, que ante el posible cruce de lazos se establece el lazo que menor distancia tenga.

POSICIÓN ENTRE DOS CENTROS DE GRAVEDAD

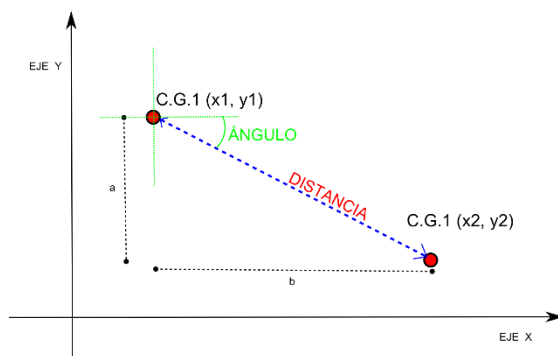
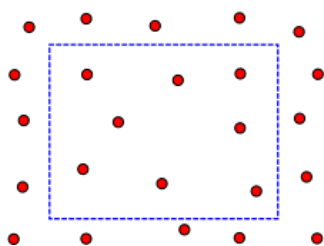


Figura 390

En este punto tendremos una nube de puntos triangulada de la forma más económica posible (Figura 391). Ahora se determinarán, las diferentes distancias y los diferentes ángulos que relacionan los diferentes centros de gravedad, y se calculará su regularidad.

NUBE DE CENTROS DE GRAVEDAD



TRIANGULACIÓN DE CENTROS DE GRAVEDAD

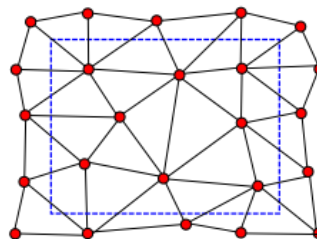


Figura 391

La regularidad se calcula en función del número de lazos que comparte cada centro de gravedad, y de las distancias y ángulos que los separan, atendiendo a la proximidad. Para ello, se debe establecer un centro de gravedad patrón de regularidad que se define a partir de la regularidad de lazos, de distancias y de ángulos.

Regularidad número de lazos

La referencia de número de lazos, se establece con la media aritmética de todos los lazos que se establezcan en los centros de gravedad que aparecen en la imagen visual, incluidos los lazos periféricos al marco (azul) de la imagen, de la siguiente forma;

$$La_m = \frac{\sum_{i=1}^n n^o_i}{n}$$

Siendo n^o_i = número de lazos de cada centro de gravedad. n = número de centros de gravedad.

Por otro lado, los límites de variabilidad (La_{max} y La_{min}) se establecen mediante aquellos centros de gravedad que tengan más y menos lazos.

Regularidad distancias

La media que establece la regularidad de distancias de un centro de gravedad se define;

$$Di_m = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n^2 l}$$

Siendo d_i = distancias desde el centro. n° = número de lazos del centro de gravedad.

Por otro lado, los límites de variabilidad (Di_{max} y Di_{min}) se establecen mediante aquellos centros de gravedad que estén unidos por las distancias más cortas y más largas.

Regularidad ángulos

La regularidad entre los ángulos que separan los diferentes lazos de un centro de gravedad se establece mediante la media, de la siguiente forma;

$$An_m = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n^2 l}$$

Siendo a_i = ángulos desde el centro. n° = número de lazos del centro de gravedad.

Por otro lado, los límites de variabilidad (An_{max} y An_{min}) se establecen mediante aquellos centros de gravedad que tengan más separación entre los ángulos de sus lazos y aquellos que tienen menos.

En el caso de que no exista ningún centro de gravedad que coincida con las referencias de regularidad, se establece como patrón el que más se acerque a estas, siendo la variabilidad de cada factor en función de los límites de variabilidad máximos, los siguientes;

$$Vl_I = (La_m - La_I) / La_{max} ; Vd_I = (Di_m - Di_I) / Di_{max} ; Va_I = (An_m - An_I) / An_{max} ;$$

Siendo Vl_I = la variabilidad del número de lazos centro de gravedad I ; Vd_I = la variabilidad de las distancias del centro de gravedad I , y Va_I = la variabilidad de los diferentes ángulos que forman los lazos del centro de gravedad I .

La variabilidad total de posición se establece teniendo en cuenta que para todas las referencias se adopta el mismo valor porcentual, por lo tanto;

$$Vp_{total} = (Vl_I + Vd_I + Va_I) / 3$$

Una vez determinado el centro patrón se estudia la variabilidad del resto de centros en referencia a este, y la inversa de la variabilidad nos mostrará la regularidad posicional de toda la imagen.

6.1.7.3. La regularidad en función de la orientación (Direccionalidad)

La direccionalidad u orientación de una figura representa la dirección en la que se dirige en la imagen. Aunque una figura no se mueva siempre tenemos la sensación de dinamismo debido a nuestra naturaleza humana. D.A. Dondis²⁸⁷ lo expresa de la siguiente forma; *La sugestión de movimiento en formulaciones visuales estáticas es más difícil de conseguir sin distorsionar la realidad, pero está implícita en todo lo que vemos. Deriva de nuestra experiencia completa de movimiento en la vida. En parte, esta acción implícita se proyecta en la información visual estática de una manera a la*

²⁸⁷ DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

vez psicológica y cinestética. Después de todo, las formas estáticas de las artes visuales, al igual que el universo tonal del film acromático que aceptamos con tanta facilidad, no son naturales en nuestra experiencia.

Nosotros vamos a establecer la direccionalidad definiendo el ángulo y la dirección que adopta esta a través de su eje o ejes direccionales en relación a la imagen visual a la que pertenece. Wucius Wong²⁸⁸ define la dirección de la siguiente forma; *La dirección de una forma depende de cómo está relacionada con el observador, con el marco que lo contiene o con las formas cercanas.*

Las delimitaciones al definirse como líneas, estas por si mismas determinan sus orientaciones o direccionalidades. Por otro lado, la cualidad de la direccionalidad también apta de ser determinada en los diferentes degradados, ya que una de sus cualidades intrínsecas es esa.

Arnheim²⁸⁹ habla del esqueleto estructural, que se desarrolla a través de las direccionalidades de las figuras;

“las direccionalidades de las formas”, nos referimos a dos propiedades muy diferentes de los objetos visuales: 1) los límites reales que hace el artista: las líneas, masas, volúmenes, y 2) el esqueleto estructural creado en la percepción por esas formas materiales, pero rara vez coincide con ellas.

... El esqueleto estructural está compuesto básicamente por la armazón de ejes, y los ejes crean correspondencias características”.

Por lo tanto, la direccionalidad de una figura se establece como el eje o los ejes que muestran su desarrollo espacial. Dado que toda figura plana tiene largo y ancho, siempre podrán existir dos ejes, nosotros adoptaremos como eje direccional aquel que define su desarrollo mayor en la imagen.

DIRECCIONALIDAD (ORIENTACIÓN) DE UNA FIGURA

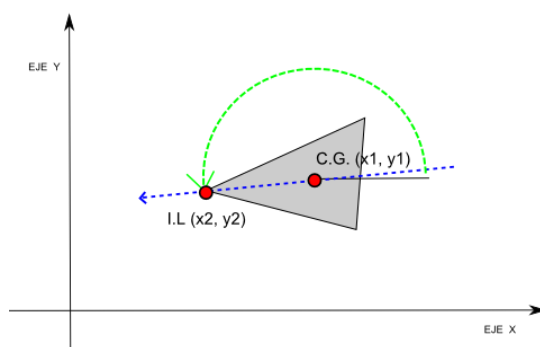


Figura 392

Para el estudio del cambio de orientación y de direccionalidad también utilizaremos el centro de gravedad, en este caso utilizaremos el eje direccional de la figura definido por dos puntos; el centro de gravedad (C.G) y la intersección de mayor longitud del eje (I.L) (Figura 392). Por lo tanto, la orientación la otorgará el ángulo que forma el lado mayor del eje direccional respecto el eje x entre 180 y -180 grados, al cual denominamos ángulo direccional. Por lo tanto, para comparar, el cambio de direccionalidad entre dos figuras se tendrá en cuenta la diferencia de sus grados direccionales.

²⁸⁸ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²⁸⁹ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

Al comparar dos ejes direccionales, estos pueden compartir trayectoria pero pueden tener sentidos opuestos, por lo que se establecerá una regularidad para la direccionalidad y otra para el sentido. En el caso, de cambio de orientación de una figura con el mismo eje, si esta mantiene el mismo sentido que la comparada se le asigna un 0% de variabilidad direccional y si varía 180°, es decir si cambia de sentido se le asigna un 0% de variabilidad direccional y un 100% de variabilidad en el sentido. Establecemos 180°, ya que a partir de estos grados, por ejemplo 181° lo podemos conceptualizar como -179° y se empieza a reducir la variabilidad.

Los ejes de una figura pueden ser de dos tipos, formados por delimitaciones rectas o por delimitaciones curvas. En general esta diferencia la establecen las propias figuras. Cuando el desarrollo es mediante líneas rectas, el eje direccional será recto, mientras que si la figura está compuesta por curvas el eje será curvo (Figura 393).

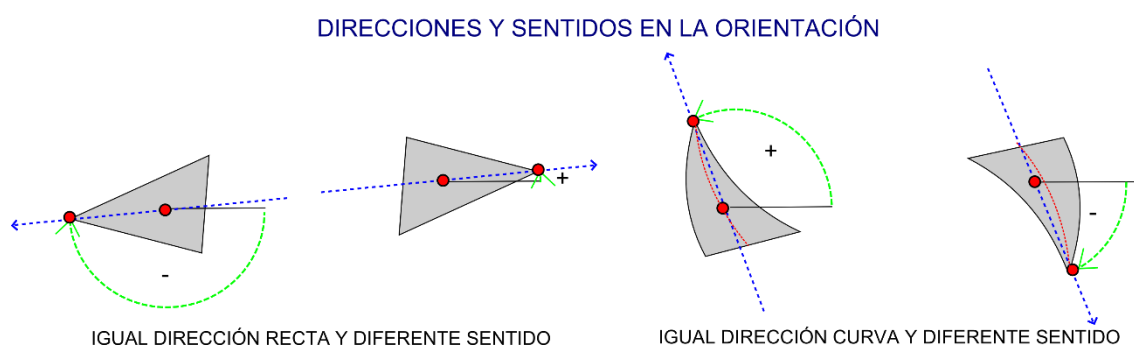


Figura 393

La variabilidad de orientación o direccionalidad entre dos figuras se refleja mediante el giro o rotación que sufre su eje direccional respecto del de referencia. En el caso de varias trayectorias iguales, su diferencia de dirección se refleja en el cambio de ciertos parámetros de la ecuación que las define. Por ejemplo en la ecuación de una recta; $ax + by = c$, siendo sus ejes x e y : "a" y "b" se encargan de cambiar la orientación de la recta, en concreto "a" girando sobre el eje y , y "b" girando sobre el eje x .

En el caso de una delimitación curva, para girar u orientar en sentido contrario en la parábola, nos bastaría con referenciar la curva al eje "y", es decir, con describir la ecuación de la siguiente forma; $ay^2+by+c= x$. Por lo tanto, el cambio de orientación de una curva sobre unos mismos ejes se define en función de los términos elevados al cuadrado en la ecuación.

Por otro lado, existen figuras aptas de poseer varios ejes direccionales a la vez, como por ejemplo los polígonos regulares. Un triángulo equilátero tiene tres ejes direccionales, un cuadrado cuatro y una circunferencia tiene infinitos ejes direccionales, los cuales coinciden con sus ejes de simetría (Figura 394).

En estos casos de figuras con regularidad formal, adoptan también un equilibrio direccional, es decir unas direcciones se contrarrestan con las otras quedando la figura en equilibrio total. En este momento una figura sola en la imagen queda en equilibrio pero con tendencia direccional hacia alguno de sus ejes en el momento que otra figura entre en juego en la misma imagen.

LADOS DE UNA FIGURA REGULAR Y SUS EJES DIRECCIONALES

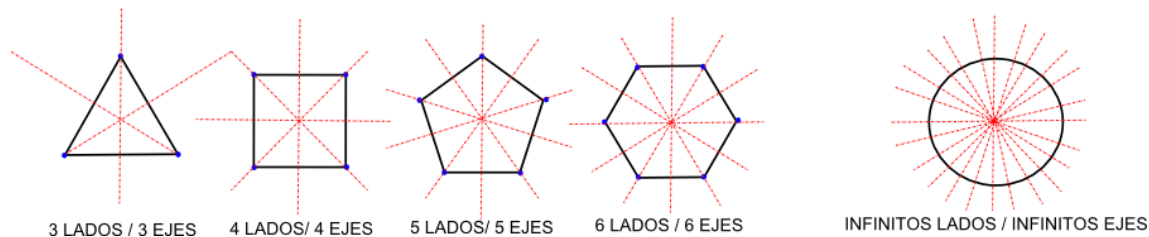


Figura 394

Si empezamos por polígonos de líneas rectas, por ejemplo por el más básico, el triángulo. Observamos que sus ejes se definen por la conexión de su CG con sus vértices. En el caso, del equilátero los tres quedan equilibrados, en un isósceles pueden dominar dos sobre uno o uno sobre otros dos, en el caso de un escaleno, siempre existirá una direccionalidad que se imponga sobre las demás. En todos los caso, observamos que los vértices muestran el sentido de la direccionalidad de la figura.

Sobre estas variaciones observamos que la deformación de la regularidad activa la direccionalidad (Figura 395), en función hacia donde se deforme o estire la regularidad del triángulo, su direccionalidad cobra fuerza. Esto se comprueba al observar que sobre dicho eje la intersección IL respecto del CG cobra más distancia. Mientras en la dirección de compresión la direccionalidad pierde intensidad y la distancia IL-CG se hace menor. Por lo tanto, podemos entender la direccionalidad como la fuerza que deforma la regularidad y crea una tendencia de desarrollo dinámico.

EJES DIRECCIONALES EN UN TRIÁNGULO

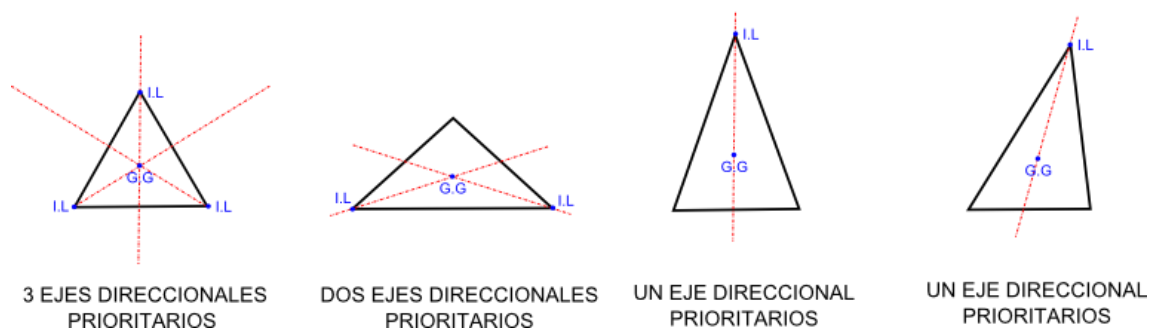


Figura 395

No obstante, si volvemos al triángulo equilátero, observamos que a pesar de estar en equilibrio, en ciertas posiciones nos dan la sensación de que un eje pudiera tener cierta prioridad direccional sobre los otros. Esto se debe a la influencia de nuestros ejes de referencia (5.3.1.2↔5.4.3.5↔6.1.7.3) sobre la imagen visual y las figuras que aparecen en ella. Por lo tanto, un triángulo equilátero con una base horizontal y con un eje vertical, adquiere predominancia sobre los otros. De la misma forma, un triángulo equilátero con una base vertical y un eje horizontal, adquiere más direccionalidad en ese sentido. Por otro lado, como toda acción sensorial está interaccionada, en este caso con el peso visual (6.2), el triángulo con la base horizontal nos dará sensación de más estabilidad, debido a que su CG está más estable y equilibrado en el eje de la acción de la gravedad, mientras que el otro transmitirá más sensación de dinamismo al estar desequilibrado en la acción de la gravedad visual (Figura 396).

DIRECCIONALIDAD EN REFERENCIA A NUESTROS EJES VISUALES EN EL TRIÁNGULO

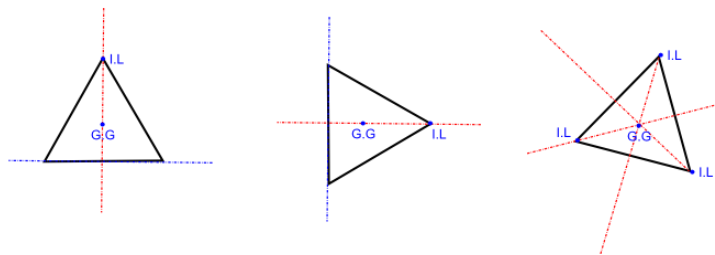


Figura 396

Sobre este aspecto comenta Arnheim²⁹⁰; *La orientación espacial presupone un marco de referencia. En el espacio vacío, no habitado por ninguna fuerza de atracción, no habría arriba ni abajo, derecha ni inclinación. Nuestro campo visual suministra ese marco, lo que antes hemos llamado “orientación retiniana”.*

Cuando un cuadro colgado de la pared está torcido, lo seguiremos viendo así aunque ladeemos la cabeza conforme al mismo ángulo

D. A. Dondis ante el predominio de estos ejes de referencia comenta; *El proceso de establecimiento del eje vertical y de la base horizontal atrae la mirada con mucha más intensidad hacia ambas áreas visuales, dándoles automáticamente una importancia compositiva mayor.*

...independientemente de la disposición de los elementos, el ojo busca el eje sentido en cualquier hecho visual y dentro de un proceso incesante de establecimiento de un equilibrio relativo.

El área axial de cualquier campo es lo que miramos primero; allí esperamos ver algo. Lo mismo ocurre con la información visual de la mitad inferior de cualquier campo; el ojo se siente atraído hacia ese lugar en el paso secundario del establecimiento del equilibrio mediante la referencia horizontal.

Por otro lado, en el caso de un polígono de cuatro lados, vemos que aparecen cuatro ejes y el cuadrado queda equilibrado por sus diagonales y sus ejes paralelos. En este caso, aparte de aparecer los ejes que unen el CG, con los vértices, aparecen otros dos ejes cruzando el CG atendiendo al desarrollo paralelo de sus lados. En este caso, los lados de los polígonos también influyen en la direccionalidad, sobre todo cuando son paralelos. Cuando convergen en un vértice los lados se equilibran por la mediatriz, aunque su desarrollo diagonal sigue siendo significativo. De igual forma, pasa con las figuras curvas. D.A. Dondis haciendo referencia a las figuras regulares básicas comenta; *todos los contornos básicos expresan tres direcciones visuales básicas y significativas: el cuadrado, la horizontal y la vertical; el triángulo, la diagonal; el círculo, la curva.*

Los ejes diagonales en el cuadrado tienen un sentido de expansión evidente en la dirección de sus vértices, sin embargo los ejes paralelos no, es decir se encuentran equilibrados pudiendo atender a cualquier sentido.

En el caso del cuadrado, los ejes de referencia también actúan con intensidad (Figura 397). De hecho, cuando los ejes paralelos coinciden dos a dos con los de referencia, entonces los ejes diagonales que poseen una distancia mayor entre CG e IL, pierde valor en detrimento de estos. No obstante, si giramos el cuadrado, veremos como ahora los ejes diagonales van cogiendo prioridad, hasta el punto máximo que es cuando los ejes que unen los vértices, dejan de ser diagonales y coinciden con los ejes de referencia.

²⁹⁰ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

DIRECCIONALIDAD EN REFERENCIA A NUESTROS EJES VISUALES EN EL CUADRADO

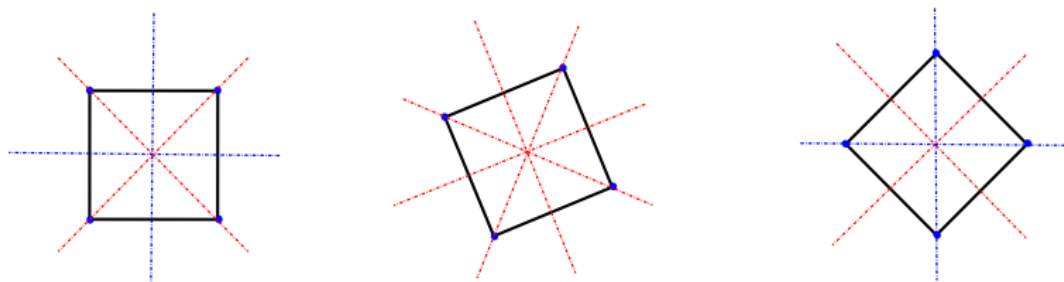


Figura 397

La direccionalidad también se adapta a un u otro eje, en función de las figuras con las que se interacciona, es decir si hay dos figuras que compartan algún eje, ese será el eje direccional del conjunto (Figura 398).

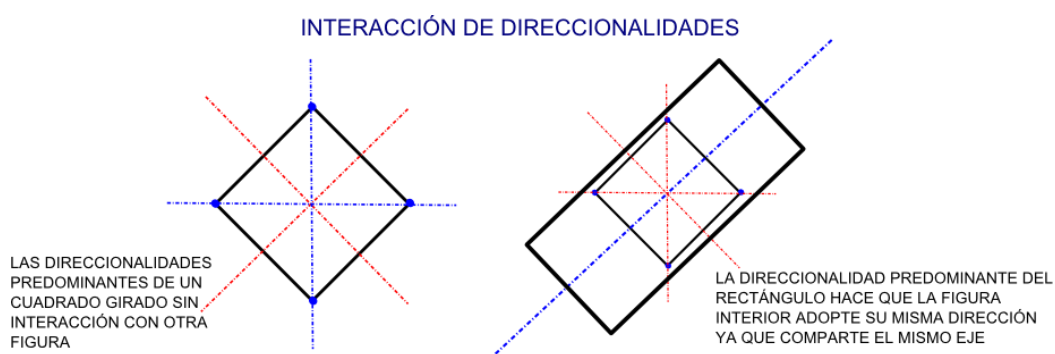


Figura 398

Arheim²⁹¹ lo explica; “La figura interior, bajo la influencia del marco ladeado, tiende a parecer un cuadrado ladeado, aunque tomada en sí mismo o dentro de un marco vertical y horizontal parece un rombo”.

Por otro lado, en el momento en el que el cuadrado sufre una deformación, se rompe el equilibrio y un eje empieza a adquirir relevancia sobre el resto, y según se hace mayor la deformación del rectángulo, actúa con mayor fuerza su direccionalidad (Figura 399).

DIRECCIONALIDAD EN FUNCIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE LA REGULARIDAD

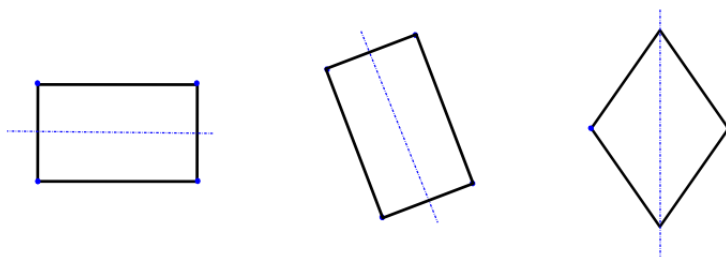


Figura 399

En polígonos de lados superiores ocurre lo mismo, solo que con la aparición de más ejes. Cuando existen muchos ejes de intensidad parecida, es decir que no son prioritarios, hacen que la figura no tenga una direccionalidad clara y que pueda llegar a mostrar cierta ambigüedad.

²⁹¹ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)

Por otro lado, están las delimitaciones cerradas curvas o mixtas. En estos casos, cuando el desarrollo de la figura tiene una tendencia curva, entonces la direccionalidad también atiende a una trayectoria curva y queda definida por un eje curvo (Figura 400).

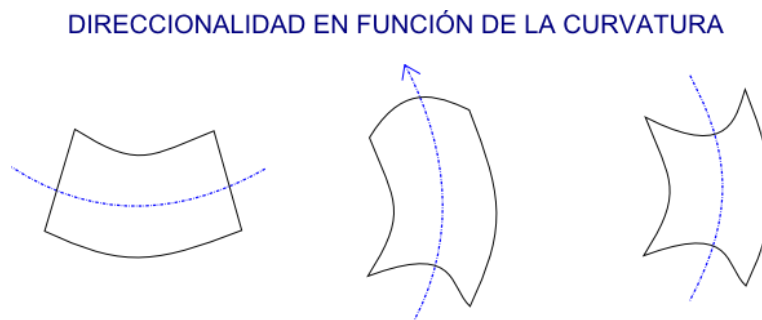


Figura 400

De la misma forma, que los vértices, nos informaban del sentido de la direccionalidad, los lóbulos curvos de ciertas figuras también lo hacen, expresando de esta forma la dirección de la deformación. Los vértices pueden estar orientados hacia fuera o hacia dentro de la figura, y pueden estar conformados por líneas rectas, curvas o ser mixtos. De la misma forma, si los lóbulos son cóncavos crearan una deformación hacia afuera, y este será su sentido. Mientras que si los lóbulos son convexos el sentido cambiará.

Dado que suelen existir varias figuras en la imagen visual, entre estas aparece una interacción direccional. Como vimos dos figuras pueden compartir la dirección, pero sin embargo pueden tener sentidos opuestos, y de igual forma los módulos pueden ser iguales, parecidos o totalmente diferentes. Por lo tanto, detectaremos estas características en la interacción.

Si empezamos por la direccionalidad vemos que existe una variabilidad de 180°, ya que a partir de aquí se entiende que se repite direccionalidad, es decir la dirección 181°, es la misma que la dirección 1°. Por lo tanto, la máxima dirección diferente entre dos trayectorias es de 90°, es decir la dirección perpendicular, y la mínima dirección es de 0°, es decir una trayectoria paralela a la de referencia. Por lo tanto, los polos direccionales estarán comprendidos entre estos ángulos.

Por otro lado, cada direccionalidad tiene una intensidad o modulo que depende del tamaño y forma de la figura que representa, y que nosotros establecemos por la distancia entre su C.G y I.L. El modulo mayor en una imagen se corresponde con la diagonal de su marco y el modulo menor se establece cercano a cero, es decir casi inapreciable visualmente.

Por otro lado, está el sentido. El sentido actúa sobre los 360°, ya que cualquier dirección puede tener dos sentidos. Cuando dos figuras comparten dirección pero sus sentidos son opuestos entonces sus intensidades o módulos se restan, en vez de sumarse.

Dadas estas características, podemos representar la direccionalidad de una figura como un vector. Con sus tres magnitudes básicas que son dirección, modulo y sentido, y sabiendo que su punto de aplicación es el CG de la figura. De tal forma, que establecemos el vector de la figura 1 como;

$$\vec{d1} = \overline{C.G \ I.L}$$

Siendo C.G el punto origen y I.L el punto final del vector que le da el sentido (Figura 341).

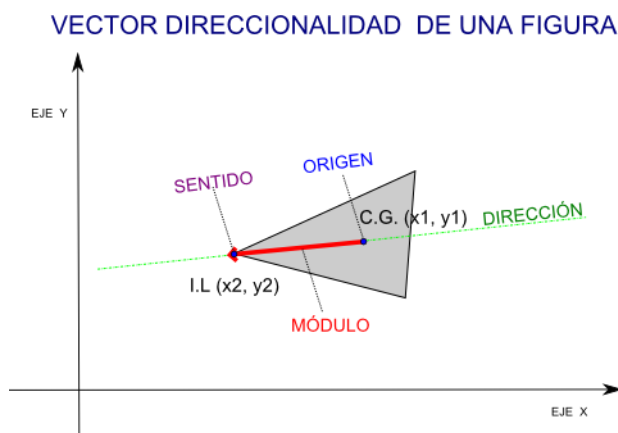


Figura 401

Cuando una figura no tiene un sentido claro como puede ser en un rectángulo, donde su eje direccional tiene un módulo simétrico hacia un lado y hacia otro, se establece que atiende a los dos sentidos de la dirección, de la misma forma que una figura regular puede atender a varias direccionalidades. Cuando la direccionalidad es curva, entonces podemos asimilarla a una suma de vectores que recorren su camino.

A la hora de estudiar la regularidad direccional de todas las figuras que aparecen en la imagen, entendemos que si todas las figuras mantienen la misma dirección y sentido la regularidad es total, si no está podrá ir variando. La máxima variabilidad sería que cada figura tuviera una dirección diferente y equidistante a las restantes. También, podemos encontrarnos con imágenes donde existen dos direccionalidades predominantes o más direccionalidades predominantes.

Para estudiar la variabilidad, analizamos el grado de diferencia entre todas las direccionalidades que aparecen en la imagen conociendo los límites que estas pueden adoptar en cuanto dirección, modulo y sentido.

La suma de todos los vectores nos da un vector resultante que nos sirve como índice de la regularidad direccional de la imagen, de la siguiente forma;

$$\vec{R}_d = \sum_{i=1}^n \vec{d}_i$$

Cuando dos direcciones no son paralelas, ni coincidentes, se cortan en un punto. Si este punto cae dentro de la imagen visual se crea un foco. Un foco va creando intensidad cuantas más direccionalidades concurren en él. De la misma forma que puede existir un centro de expansión, es decir un punto desde el cual tiendan a alejarse todas las direccionalidades de las figuras (Figura 402).

REGULARIDAD, FOCO Y PUNTO DE EXPANSIÓN EN LAS DIRECCIONALIDADES

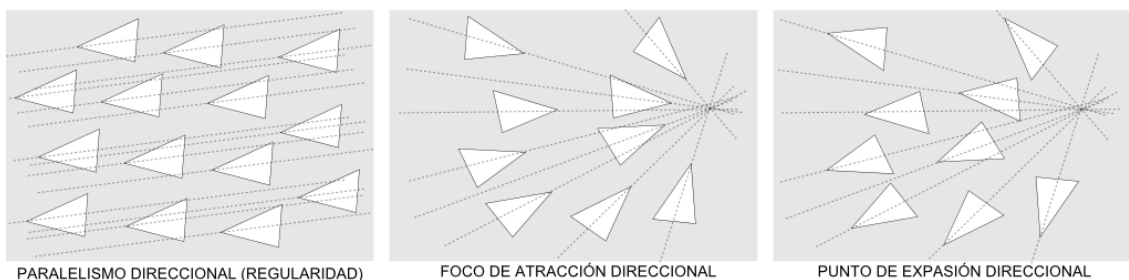


Figura 402

También, puede aparecer un recorrido, un contraste direccional o un juego de tensiones dirigidas a través de las direccionalidades de las figuras que aparecen en la imagen (Figura 403).

RECORRIDOS Y CONTRASTES EN LAS DIRECCIONALIDADES

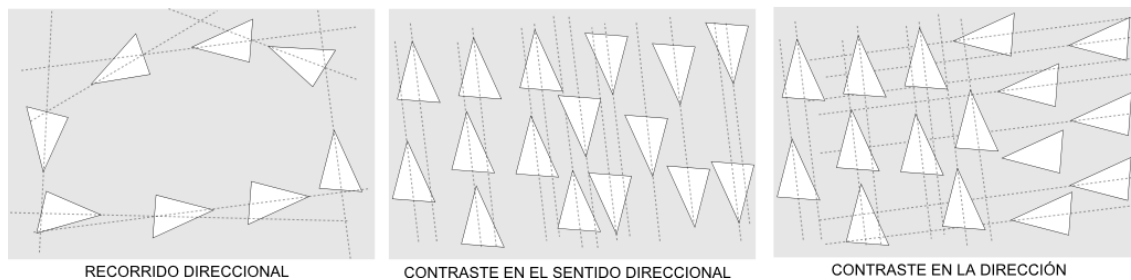


Figura 403

Por otro lado, también pueden existir direccionalidades atendiendo a una radiación. Como vimos Wucius Wong²⁹² define la radiación como un caso especial de la repetición, donde los elementos formales que giran regularmente alrededor de un centro común producen un efecto de radiación (Figura 404).

EJEMPLOS DE ORGANIZACIONES FORMALES EN DISPOSICIÓN RADIAL



Figura 404

La gradación de forma en la regularidad

Como vimos la gradación de forma es un cambio gradual de la forma que se realiza de manera ordenada, es decir atendiendo a una regularidad y genera ilusión óptica que crea una sensación de progresión, lo que normalmente conduce a una combinación o una serie de combinaciones.

Atendiendo a Wucius Wong en la regularidad de la gradación importan dos factores: la serie de gradación y la dirección del movimiento. Por lo tanto, aquí afecta el cambio gradual de forma, el cambio gradual de la posición, y la dirección del movimiento o cambio gradual de direccionalidad (Figura 405).

EJEMPLOS DE ORGANIZACIONES FORMALES EN GRADACIÓN

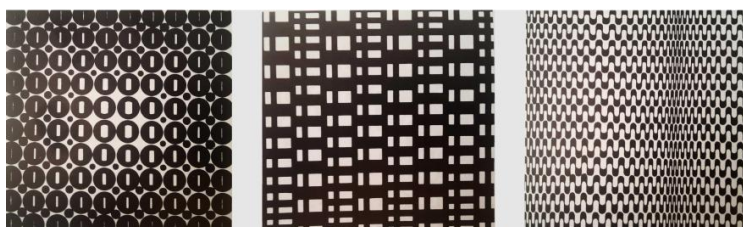


Figura 405

La acción sensorial transmite una progresión regular dinámica mediante figuras estáticas, por lo que es una sensación

²⁹² WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

ilusoria de movimiento, es decir una direccionalidad conjunta con variación de forma y posición.

La acción de la direccionalidad y las otras acciones visuales

La acción de la direccionalidad es de gran importancia en la imagen visual como acabamos de ver, sin embargo el peso, la intensidad y la temperatura visual no la tienen en cuenta.

En el peso visual de una figura, entra en acción el tamaño y la posición, pero no su direccionalidad. De igual forma, ocurre con la intensidad y la temperatura visual. Por lo tanto, nos podemos encontrar con dos imágenes o figuras totalmente diferentes, y que posean el mismo peso, intensidad y temperatura como el que se muestra (Figura 406). En este caso, el círculo tiene infinitos ejes direccionales, sin ningún eje predominante, situándose en uno de los polos direccionales. Por otro lado, el triángulo que tiene los mismos valores de peso, intensidad y temperatura, tiene un eje direccional muy acusado, acercándose al polo contrario que la figura anterior, es decir acciones direccionales totalmente opuestas.

LA ACCIÓN DE LA DIRECCIONALIDAD

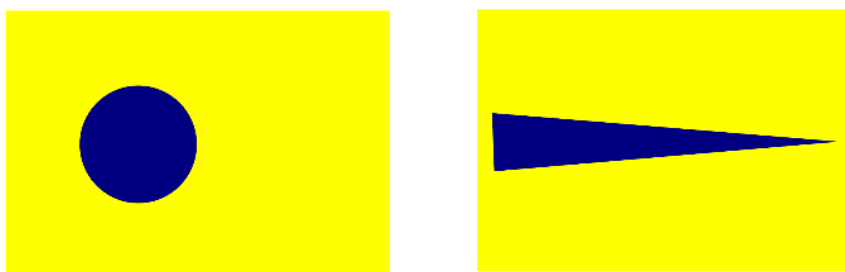


Figura 406

Por lo tanto, esta acción visual de la forma, completa la información de la acción visual que otorgan los colores en la imagen, y se establece como de gran importancia en la descripción la acción de una figura o grupos de figuras en una imagen

6.1.8. LA ACCIÓN SENSORIAL DEBIDA A LA INTERACCIÓN ESPACIAL DE LAS FORMAS

Espacialidad visual

La sensación de profundidad como vimos es directa y nos afecta de la misma forma que las otras sensaciones visuales. En función de la posición de los diferentes objetos que nos rodean tenemos una sensación de espacialidad que puede ser mayor o menor. Por lo tanto, entre los elementos físicos que nos rodean se crean espacios. La interacción de esos espacios también nos transmite sensaciones al introducirnos en ellos. En un espacio totalmente abierto tenemos la sensación de libertad y soltura, mientras que en un espacio cerrado y apretado tenemos la sensación de opresión e inmovilidad.

Wucius Wong²⁹³ define el espacio en la imagen de la siguiente forma; “*Las formas de cualquier tamaño, por pequeñas que sean, ocupan un espacio. Así el espacio puede estar ocupado o vacío. Puede así mismo ser liso o puede ser ilusorio, para sugerir una profundidad*”:

²⁹³ WONG Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Por lo tanto, la interacción de profundidades nos crea una serie de tensiones espaciales²⁹⁴ que denominamos la acción sensorial espacial.

Por lo tanto, debido a las diferentes direcciones de expansión visual en el espacio podemos tener una sensación de mayor libertad o de lo contrario de mayor opresión visual. Podríamos establecer los polos teóricos de la siguiente forma; por un lado podríamos establecer el extremo de mayor libertad como aquel donde la espacialidad fuera total, es decir un punto en el que tuviéramos límites por ningún lado, que lo podríamos representar como una esfera o una gran burbuja en la que nos sintiéramos libres para desplazarnos y movernos sin obstáculo alguno. Por otro lado, podríamos establecer el extremo de menor libertad espacial, por ejemplo una burbuja que se ajustara a nuestro cuerpo y no nos dejara ver a través de ella, ni movernos, ni desplazarnos (Figura 407).



Figura 407

Sin embargo, estas situaciones no son comunes en nuestro entorno habitual. Nuestra forma de desplazarnos es por el suelo. Ante un espacio despejado con suelo horizontal, tenemos la sensación de total libertad espacial. En esta situación incluso, cuando en la lejanía se observan ciertos objetos, estos tampoco nos influyen en reducir la sensación. Por otro lado, si nos introducimos en un habitáculo pequeño por ejemplo donde no podamos dar ni siquiera un paso y el techo esté rozando nuestra cabeza, y cerramos la puerta, entonces la sensación de libertad espacial la entendemos como totalmente nula.

Por lo tanto, vamos a establecer los polos como dos volúmenes espaciales con la parte superior semiesférica, uno con 200 metros de diámetro (100 m de radio) y el otro con 1 metro de diámetro. El primero tendrá un valor de espacialidad de 1 o del 100% y el otro tendrá un valor de 0 o del 0%.

Sin embargo, la función que separa estos polos no es lineal, sino que es radical, es decir si ampliamos el polo de menor espacialidad un metro, entonces la sensación de espacialidad gana muchísimo, en comparación si reducimos un metro el polo de espacialidad máxima. La función para una acción espacial A_e y un espacialidad e comprendida entre 0 y 100 (Figura 408), queda definida por;

$$A_e = \sqrt{(e - 100)^2 - 100^2}$$

²⁹⁴ ZEVI, Bruno. 1963. *Saber ver la arquitectura*. (Buenos Aires: Editorial Poseidón)

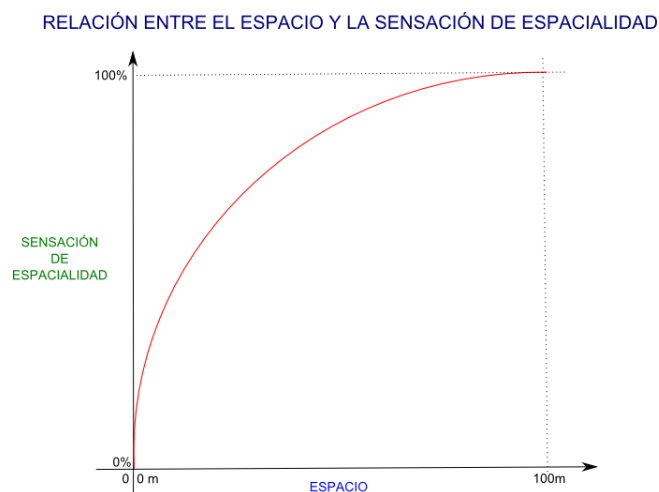


Figura 408

En función de cómo se desarrollen los espacios, ya sean interiores como exteriores, y de nuestra posición en ellos, tendremos diferentes acciones espaciales. Estas se pueden representar en planta y alzado cuando los espacios son interiores o mixtos, y cuando son exteriores, es decir sin ningún tipo de techo se pueden representar exclusivamente en planta (seccionada a la altura de los ojos), si son homogéneamente altos (Figura 409).

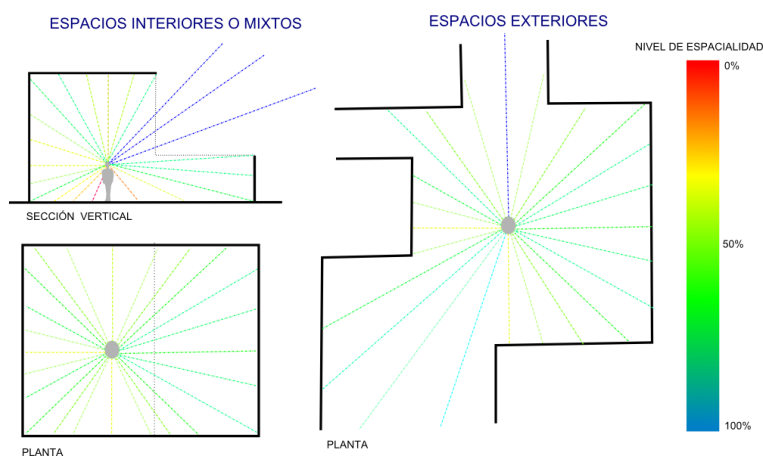


Figura 409

Sobre estas representaciones se pueden trazar las líneas que representan las tensiones espaciales con diferentes colores atendiendo al nivel de proximidad establecido. Cuanta más espacialidad, más azul, cuanta menos, más rojo, y en situaciones intermedias tonos verdes.

También nos podemos encontrar, con posiciones concretas donde la espacialidad visual aumenta, en detrimento de nuestras posibilidades de desplazamiento, como cuando estamos en un mirador o encima de una torre.

Sobre la acción espacial, también es interesante el estudio de recorridos, donde se puede analizar como varía este en función de los diferentes puntos por los que se va pasando a lo largo de este²⁹⁵. De igual forma, se puede analizar cómo no es lo mismo hacer un recorrido en un sentido que en otro, ya que la variación de la acción espacial es a la inversa dirigido por nuestro campo visual, y las sensaciones secuenciadas por lo tanto cambian (Figura 410).

²⁹⁵ BENÉVOLO, Leonardo. 1981. *Diseño de la ciudad - 5.El arte y la ciudad contemporánea*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

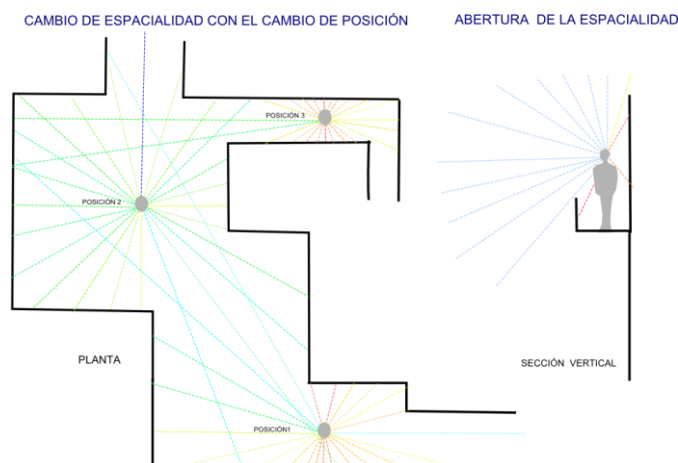


Figura 410

6.1.9. LA ACCIÓN SENSORIAL DEBIDA A LA INTERACCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS

Dinamismo visual

Nuestra imagen está en constante movimiento. Esto puede deberse; a que se mueve el observador o su mirada, a que se mueven elementos de la escena observada o a que existe un movimiento conjunto, es decir movimiento en la visión del observador y en alguno de los objetos que aparecen en su imagen visual. Estos movimientos en nuestra imagen visual crean sensaciones visuales según van variando. La acción sensorial debida al movimiento, por lo tanto dependerá de las otras acciones sensoriales y su variación en el tiempo.

Según D.A. Dondis²⁹⁶ en referencia a las fuerzas visuales provocadas por el movimiento comenta; “*El elemento visual de movimiento, como el de la dimensión, está presente en el modo visual con mucha más frecuencia de lo que se reconoce explícitamente. Pero el movimiento es probablemente una de las fuerzas visuales más predominantes en la experiencia humana*”.

La imagen visual en movimiento

La imagen visual en movimiento ha sido largamente estudiada desde el punto de vista del lenguaje cinematográfico. Donde se ha estudiado como afecta al observador el cambio de las cualidades visuales de la imagen en el transcurso del tiempo.

No obstante, de la misma forma que la imagen real no es igual que una imagen fotográfica la imagen real no es igual que la imagen cinematográfica, la imagen cinematográfica es una ilusión de la realidad. Según Feldman²⁹⁷; “*En estas expresiones el espacio y el tiempo, son diferentes al espacio y al tiempo reales porque se modifican al ser registrados, lo quiera uno o no*”.

²⁹⁶ DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

²⁹⁷ FELDMAN, Simón. 1995. *La composición de la imagen en movimiento*. (Barcelona: Editorial Gedisa)

Fernández Diez y Martínez Abadía²⁹⁸ comentan; *“El cine y la televisión crean la ilusión de movimiento al presentar ante el ojo una rápida sucesión de imágenes. En el caso del cine distinguimos las imágenes porque el ojo es incapaz de apreciar como individuales los 24 fotogramas que se proyectan, una a continuación de otro en un segundo”*.

Sin embargo, la acción sensorial es análoga. Por lo tanto, nosotros en este punto, nos limitaremos a enumerar algunos aspectos de esta acción sensorial, estudiados por esta ciencia.

En primer lugar, comentar que la ilusión se consigue mediante dos factores; por un lado, la *continuidad* y por otro, la *progresión y el conflicto*.

La continuidad nos permite enlazar las diferentes imágenes por continuidad temporal, aunque el punto de vista cambie. Es decir, el observador asume este cambio visual en la interpretación de la obra, aunque no sea real, para que esto sea aceptado debe aparecer una continuidad de movimientos, sonidos, luces, etc. Por lo tanto, aquí estamos hablando de la constancia del movimiento, a pesar de que la imagen cambie drásticamente de punto de vista las otras cualidades deben permanecer constantes para que se produzca la continuidad en el tiempo.

La continuidad se expresa mediante las secuencias, las escenas y la tomas. Estos autores definen la continuidad como; *“La continuidad o raccord en sentido estricto hace referencia al mantenimiento o coherente transformación de los elementos en campo según la lógica secuencial de los acontecimientos presentados”*. La continuidad recoge aquellos aspectos meramente formales que es preciso dotar de coherencia entre un plano y los siguientes. Pero además contempla las cadenas de relaciones que permiten la construcción de la secuencia y su percepción como tal, y las relaciones entre secuencias que permiten mantener la unidad de sentido a lo largo de todo el relato. Los problemas de continuidad afectan a todo el proceso constructivo.

La continuidad se consigue mediante, secuencias, escenas y tomas. La secuencia definida por Fernández Diez y Martínez Abadía *“es una unidad de división del relato visual en la que se plantea, desarrolla y concluye una situación dramática. No es preciso que esta estructura sea explícita, pero debe existir de forma implícita para el espectador”*. La secuencia puede desarrollarse en un único escenario e incluir una o más escenas o en diversos escenarios. También puede desarrollarse de forma ininterrumpida de principio a fin o bien fragmentarse en partes mezclándose con otras escenas o secuencias intercaladas.

Por otro lado, la escena la describen como; *“La escena es una parte del discurso visual que se desarrolla en un solo escenario y que por sí misma no tiene un sentido dramático completo”*. Y la toma; *“La toma también llamada plano de registro es el término que se aplica para designar la captación de imágenes por un medio técnico. En el cine y en el video la captación es necesariamente diacrónica y se define la toma como todo lo captado por la cámara desde que se pone en función de registro de imagen hasta que deja de hacerlo”*. El tipo de toma depende del encuadre inicial, de los movimientos de cámara y personajes y del encuadre final.

Por otro lado están la progresión y el conflicto; En nuestra vida cotidiana nos movemos y vamos prestando interés a aquello que nos interesa. Sin embargo aquí el interés hay que provocarlo y crear una progresión hacia él. Por ello, se crea un conflicto. Sucede algo nuevo, una perturbación provocada, con la intención de llamar la atención del espectador, que le irá guiando a través de las sucesivas imágenes mediante un desarrollo audiovisual.

²⁹⁸ FERNÁNDEZ DIEZ, F; MARTINEZ ABADÍA, J. 1999. *Manual básico del lenguaje audiovisual*. (Barcelona: Ediciones Paidós; Paidós Papeles de Comunicación 22)

En el lenguaje audiovisual, el desarrollo evoluciona según cuatro etapas clásicas establecidas, que son; *la introducción expositiva, el desarrollo y la articulación del conflicto, la culminación del conflicto y el desenlace.*

Por otro lado, estas etapas o partes de ellas se pueden desarrollar según diferentes ritmos. El ritmo es la velocidad con la que suceden los acontecimientos en la imagen audiovisual. Este puede ser acelerado, medio o lento²⁹⁹, y se comparan con factores vitales humanos como la respiración o el latido del corazón.

Según³⁰⁰ Fernández Diez y Martínez Abadía; *El dinamismo de las tomas viene condicionado por múltiples elementos entre los que destacan la propia actividad recogida en el interior del encuadre, la variación de los centros de interés, el movimiento de la cámara o del zoom, la combinación con los planos anteriores o posteriores e incluso por la duración o tiempo de permanencia en pantalla de las mismas.*

Por lo tanto, la combinación de planos con encuadres en planos próximos de corta duración, con acción y movimientos rápidos de cámara pueden crear un ritmo externo trepidante del que quizá carezca cada uno de los planos tomados de forma aislada, mientras que la combinación de planos generales con lentas panorámicas contribuirá a la creación de un ritmo lento y contemplativo.

Relación entre imágenes

Tal y como comentan estos autores; *“el proceso constructivo del programa audiovisual se asemeja a otras construcciones en las que las sumas de las partes va, progresivamente, construyendo el todo. El plano, unidad básica de la narrativa, constituye, por agrupación escenas y éstas a su vez secuencias que convenientemente entramadas dan lugar al producto final”*. De la misma forma que una figura, está ligada a todo su contexto en la imagen visual. Una imagen está sujeta al movimiento general de la totalidad de las imágenes. Por lo tanto, solo cobra valor en el conjunto, sabiendo que toda la superficie de la imagen es válida para expresar.

Entonces, en la relación entre imágenes se pone en valor todas las acciones sensoriales estudiadas hasta ahora, y la forma en la que unas imágenes conectan con las otras.

Centro de interés

Dado que en las imágenes aparecen muchos elementos, si queremos dar mayor expresividad a uno o varios elementos respecto de los otros, entonces debemos de crear estos como centros de interés.

El centro de interés se consigue mediante el contraste. Donde el elemento que contrasta adquiere el papel de centro, poniendo como ejemplo el contraste figura-fondo, donde la figura adquiere el papel relevante al segregarse de su fondo.

Para Wucius Wong³⁰¹ este concepto se desarrolla de la siguiente forma;

“Una composición informal debe coordinar sus elementos alrededor de un centro de interés: un área donde todos los elementos se originan, cesan o interaccionan, proporcionando el drama visual sin el cual el diseño se convierte en una simple agregación de partes.

²⁹⁹ GHYKA, Matila. C. 1983. *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. (Barcelona: Editorial Poseidon)

³⁰⁰ FERNÁNDEZ DIEZ, F; MARTINEZ ABADÍA, J. 1999. *Manual básico del lenguaje audiovisual*. (Barcelona: Ediciones Paidós; Paidós Papeles de Comunicación 22)

³⁰¹ WONG, Wucius.1988. *Principios del diseño en color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Un centro de interés, aunque puede encontrarse prácticamente en cualquier parte del diseño, tiende a hacer que sea estático en su centro geométrico; si se sitúa en uno de los cuatro ángulos del diseño cuadrado o rectangular, la distribución desigual del peso puede romper el equilibrio.

Cuando se introduce una anomalía en un diseño formal, esa anomalía se convierte habitualmente en un centro de interés de una composición que pasa a ser informal.

Esto se puede conseguir, de las siguientes formas aumentando la importancia del centro principal de interés, disminuyendo la presencia de los elementos secundarios y/o suprimiendo los detalles superfluos³⁰²:

Por lo tanto, un centro de interés se puede lograr creando un contraste grande entre el centro de interés y el resto de la imagen, mediante las interacciones que hemos estudiado de forma y de color, es decir mediante el peso visual, mediante la intensidad o mediante la temperatura, mediante interacciones formales de forma, posición, dirección, o mediante interacciones de profundidad y espacialidad, tal y como hemos visto en este tema. (6.1.7.1↔6.1.9).

No obstante, también se puede conseguir el centro de interés mediante la interacción del propio movimiento. De hecho según Fernández Diez y Martínez Abadía³⁰²;

La historia del lenguaje cinematográfico está íntimamente ligada a la liberación de la cámara por el movimiento. La cámara puede convertirse en un ojo privilegiado que se confunde con el espectador que, en cada momento, puede ver la acción desde el punto de vista indicado.

La impresión de realidad que los medios audiovisuales producen en las personas se apoya, entre otros factores decisivos en el movimiento. El cine fue una consecuencia lógica de proporcionar movimiento a las imágenes fijas de la fotografía. Es precisamente esta cualidad la esencia específica del lenguaje visual en su vertiente cinematográfica y televisiva.

Marcet Martín sistematizó esquemáticamente los movimientos de cámara según sus funciones de la siguiente forma:

- a) Descriptivos:
 1. Acompañamiento de un personaje u objeto en movimiento.
 2. Creación de un movimiento ilusorio en un objeto estático.
 3. Descripción de un espacio o una acción con sentido dramático unívoco.

- b) Dramático:
 1. Definición de las relaciones espaciales entre dos elementos de la escena.
 2. Relieve dramático de un personaje o de un objeto importante.
 3. Expresión subjetiva del punto de vista de un personaje.
 4. Descripción de la tensión mental de un personaje.

Nosotros organizamos los diferentes movimientos de las siguientes formas:

³⁰² FERNÁNDEZ DIEZ, F; MARTINEZ ABADÍA, J. 1999. *Manual básico del lenguaje audiovisual*. (Barcelona: Ediciones Paidós; Paidós Papeles de Comunicación 22)

Movimiento del observador (La cámara)

Con el movimiento de la cámara la toma ya no se describe mediante el plano de encuadre que recoge puesto que éste varía en el proceso. Por lo tanto, se debe estudiar la toma en su totalidad indicando el encuadre inicial, el movimiento efectuado y el encuadre final.

Por lo tanto, aparte de la toma fija, en donde el movimiento aparece por la variación de los diferentes elementos y factores (5.4.4.4↔6.1.9) que aparecen en ella. Existen diferentes tomas en movimiento que son las siguientes; *El Giro o la Panorámica*, que es una rotación o giro de la cámara sobre su eje. Según la trayectoria la panorámica puede ser horizontal, vertical y oblicua pudiendo llegar a cerrarse de forma circular en 360°. *El Barrido*, que es una panorámica tan rápida que no da tiempo a ver qué imágenes recoge. Se utiliza muchas veces como transición para cambio de emplazamiento elíptico de los personajes. *El Travelling*, que es un movimiento de la cámara en el espacio tridimensional que consiste en un desplazamiento de la cámara horizontal o vertical respecto al eje del trípode que la soporta y el *Zoom* que permite mediante el desplazamiento de las lentes, cambiar la distancia focal, con lo que se puede seleccionar a voluntad desde la visión que proporciona un objetivo angular hasta la de un teleobjetivo.

La aproximación y la abertura del campo visual: Los planos

Por lo tanto, en una escena podemos retirarnos y abrir nuestro campo visual para observar todo lo que acontece a nuestro alrededor, o acercarnos para ver con detalle elementos que nos interesan mediante el zoom. Según nos retiramos o nos alejamos el marco de la imagen visual capta el entorno con más amplitud y menos detalle o con menos amplitud y más detalle. Las diferentes formas de enmarcar la imagen en el lenguaje cinematográfico se denominan planos, y toman como referencia el cuerpo humano³⁰³ para definirse (Figura 411). A continuación los enumeramos de más detalle a más amplitud;

Plano detalle (PD), Primer plano (PP), Plano medio (PM), Plano americano (PA), Plano Entero (PE), Plano General (PG) y Plano general lejano (PGL).

Por lo tanto, cada uno de ellos tiene una expresividad concreta en el transcurso de la imagen. Acercarnos implica atender algo y conectar, mientras que alejarnos es observar la generalidad, el entorno y desconectar de lo cercano.

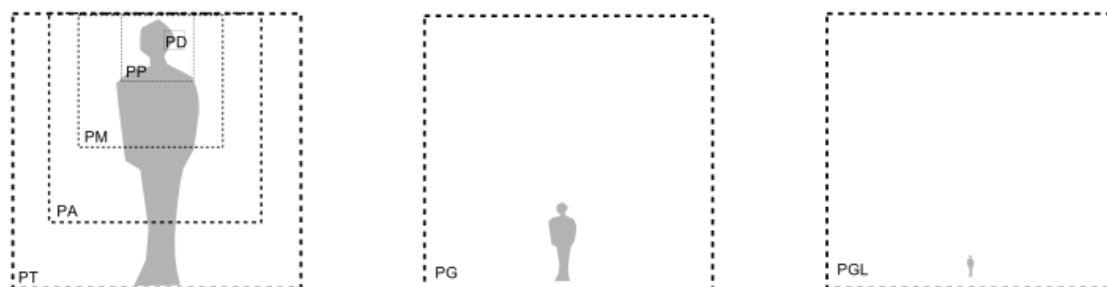
TIPOS DE PLANOS O ENCUADRES EN REFERENCIA AL CUERPO HUMANO

Figura 411

Los primeros planos ponen en evidencia las posibilidades expresivas. En obras cinematográficas lo observamos en tomas

³⁰³ FELDMAN, Simón. 1995. *La composición de la imagen en movimiento*. (Barcelona: Editorial Gedisa)

de las caras de los actores principales de películas como *Lulú*, de G.W. Pabst, en *Decameron* de Pier Paolo Pasolini, en el corte del ojo en *Un chien andalou* de Luis Buñuel, o en la expresividad del astronauta de *2001:Una odisea del espacio* de Stanley Kubrick.

Por otro lado, el centro de interés también se puede conseguir haciendo el mismo efecto sin mover la cámara, es decir moviendo el objeto hacia ella o retirándolo.

En cuanto a los cambios dentro de la escena, destacamos;

Cambios de la iluminación de la escena

El cambio de iluminación provoca una variación de las zonas iluminadas en la imagen, donde nuestra atención se dirige hacia lo que pasa a ser iluminado. Por lo tanto, enfocando el elemento que queramos resaltar lo convertiremos en un centro de interés.

Movimiento repentino de un elemento

Provocando un movimiento repentino en un elemento en una escena estática, hace que nuestra atención se dirija instantáneamente hacia él. Sin embargo, si todos los elementos se están moviendo a la vez no aparecerá el contraste, y no se realizará la segregación del centro de interés.

En este caso se puede utilizar otro de los recursos de contraste, como por ejemplo el color para señalar el centro de interés.

La acción sensorial del movimiento

A parte de que en cada imagen, de una serie de imágenes, podamos obtener sus acciones sensoriales debidas a la interacción de color, forma y espacialidad, tal y como explicamos en los puntos anteriores. También, podemos analizar y calcular la variación de una imagen en el espacio temporal. En este caso, el método que proponemos trata de determinar en qué medida varían los colores y las formas de una imagen a otra.

Esta tarea hace unos años era impensable, ya que la cantidad de información que existe en una sola imagen es enorme, si tenemos en cuenta que el movimiento lo representamos con 24 imágenes por segundo, entonces cualquier calculo sería tremendamente laborioso. No obstante hoy en día con la utilización de las computadoras, ciertos cálculos se hacen más accesibles.

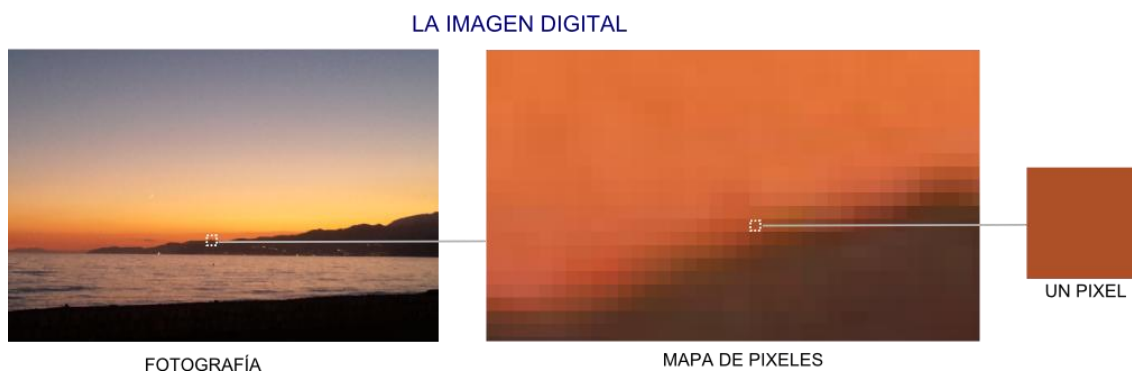


Figura 412

En nuestro caso, si representamos una imagen de forma digital, es decir compuesta por una serie de píxeles, donde cada píxel es un color (Figura 412). Entonces podemos determinar la variación de color de un píxel a otro calculando la distancia que de color que los separa. Si recordamos la distancia entre dos colores (5.3.3.4↔6.1.9) se calcula de la siguiente manera:

$$Vc = \Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta C^2 + \Delta H^2}$$

Donde ΔL es la diferencia de luminosidad, ΔC es la diferencia de croma y ΔH es la diferencia de tono entre los dos colores. Cuando ΔE es cero los colores son iguales, y según va aumentando la diferencia se incrementa.

En el caso, de determinar el cambio de forma, como sabemos un cambio brusco de color produce una delimitación y uno suave un degradado. En este caso, estos cambios, los podemos estudiar mediante las interrelaciones entre píxeles. Es decir un píxel, está relacionado con ocho píxeles más que le rodean que forman una cuadrícula. En este caso, el píxel tendrá ocho interacciones con los píxeles anexos que también podemos establecer por las distancias que los separan. En función de cómo estas distancias van variando, se nos informa del cambio de forma. Estos cálculos se pueden realizar de forma matricial de forma análoga a como se ha realizado mediante la tecnología *Seam Carving*³⁰⁴. Un cambio brusco que no estaba, nos dice que aparece en ese lugar una delimitación y un cambio suave nos informa de que aparece un degradado. Por otro lado, también se analiza la interrelación entre cuadrículas para determinar si los cambios pertenecen a desplazamientos o giros de las delimitaciones o degradados, o pertenecen a la aparición o desaparición de estos (Figura 413).

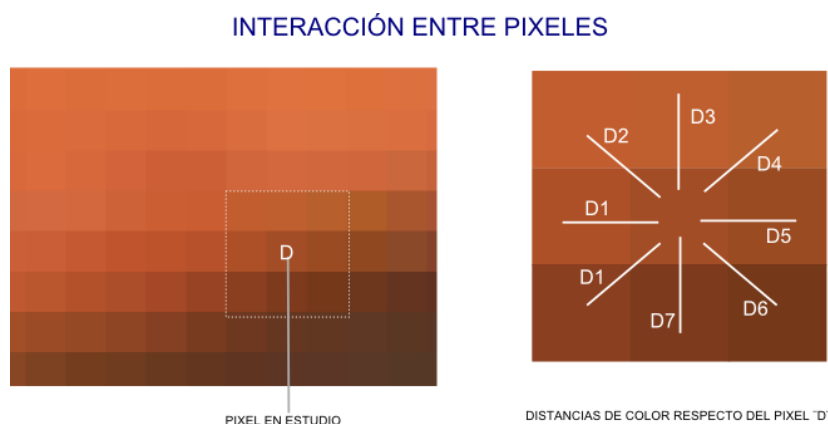


Figura 413

En la actualidad, estamos trabajando en desarrollar un software que calcule estas variaciones sobre unos cuantos fotogramas consecutivos, y analizar sus resultados.

Representación de la acción del movimiento: El ritmo

Para representar la variación en el tiempo, se puede utilizar un diagrama del ritmo (Figura 414). Este se compone de dos ejes de coordenadas donde en ordenadas se representa el dinamismo visual, es decir la cantidad de variación de la imagen, y en abscisas se muestra el tiempo. De tal forma, que cuanto más variación exista en un periodo de tiempo concreto implica que sube el ritmo, y de forma contraria cuanto menos variación se nos muestra un ritmo más lento.

³⁰⁴ AVIDAN, S; SHAMIR, A. 2007. *Seam Carving for Content-Aware Image Resizing* (Mitsubishi Electric Research Labs / The interdisciplinary Center & MERL)

EL DINAMISMO VISUAL EN EL TRANCURSO DEL TIEMPO: EL RITMO

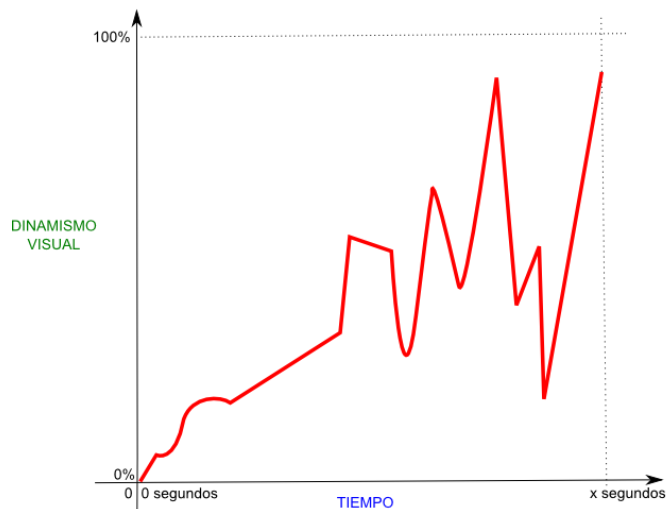


Figura 414

6.2. EL PESO VISUAL

6.2.1. EL PESO FÍSICO, EL PESO VISUAL Y EL PESO PERCEPTUAL

Para experimentar el peso físico de un objeto debemos entrar en contacto con él e intentar elevarlo o soportarlo. Pero esta acción física no solemos realizarla constantemente cada vez que nos encontramos con diferentes objetos, de hecho no la necesitamos en nuestra vida cotidiana.

Como hemos visto al estudiar la percepción, tenemos la capacidad de inferir el peso de determinados objetos mediante procesos de categorización perceptual (5.4.5.1↔6.2.1). Es decir, si somos capaces de detectar el material del que está compuesto el objeto y tenemos una experiencia física anterior con él, podemos establecer mentalmente su peso perceptual. Este peso es una ideación mental que puede ser aproximada y en ocasiones bastante lejana al peso real, ya que depende de varios factores como la adecuada categorización, la buena memoria y la correcta traspolación de un objeto a otro. Si hemos experimentado el peso de un ladrillo podemos hacernos una idea del peso de todo el muro pero este será siempre relativo. Por lo tanto, llamamos peso perceptual físico a la idea del peso que inferimos de un objeto al categorizarlo en nuestros procesos perceptuales.

Al inferir el material del que está compuesto un objeto también inferimos otras cualidades físicas a parte del peso, como la textura, la dureza, la resistencia, la estabilidad, etc. El material como signo nos aporta otros significados a parte de los físicos como sus valores económicos, sociales y culturales. De esta forma, nuestra categorización puede asociar diferentes condiciones entorno a un material, por ejemplo podemos asociar la madera de roble como pesada, rígida, estable, buena, duradera, cara, elegante, noble, etc. Por otro lado, de igual forma que podemos asociar la madera aglomerada como ligera, blanda, inestable, mala, efímera, barata, vulgar, etc (Figura 415).



Figura 415

Evidentemente podemos encontrarnos con objetos engañosos como por ejemplo esas vigas falsas de madera que no pesan prácticamente nada y que decoran ciertos espacios interiores. El sentido de estas imitaciones es provocar una categorización errónea de forma intencionada, por lo tanto se muestra algo que no es, generalmente por motivos generalmente decorativos, enfocados a un ahorro económico considerable.

Sin embargo, en nuestra acción perceptual no vamos continuamente categorizando objetos e infiriendo su peso. Este proceso solamente aparece cuando nuestra atención se centra sobre estos debido a intenciones o motivaciones subjetivas y concretas. Si un objeto no nos interesa simplemente no nos fijamos en él, de hecho a los pocos instantes la percepción

de este se desvanece de la mano de nuestra memoria a corto plazo que es donde reside efímeramente.

De esta forma, aunque solo categoricemos lo que nos interesa, el proceso de atención y búsqueda visual es continuo en nuestro desarrollo vital. Utilizamos la visión constantemente para adquirir la información que necesitamos guiados de nuestras motivaciones o intereses personales. Este proceso de selección implica absorber visualmente el espacio que nos circunda con la expectativa de encontrar o guiarnos hacia nuestro objetivo.

Estas operaciones se realizan explorando visualmente la escena y detectando signos. Sobre nuestra imagen visual seleccionamos aquellos signos que nos interesan y discriminamos el resto de información visual que aparece en ella.

La forma por la que los objetos se nos hacen presentes en nuestra visión, es mediante la reflexión difusa de la luz que nos llega de ellos (5.2.2.3↔6.2.1). A través de esta reflexión de la luz obtenemos las cualidades visuales básicas de los objetos materiales. Estas cualidades visuales básicas se nos muestran en forma de signos. En concreto son la forma y el color. Si busco un tomate para hacer una ensalada los signos básicos que buscaré donde suelo dejar los tomates serán; el rojo característico del tomate, su forma esférica y su tamaño relativo.

Evidentemente un signo básico no aparece aislado, color y forma son aprehendidos y absorbidos a la vez, no se pueden desligar visualmente, de hecho su asociación cobra relevancia en los procesos de categorización. Así pasa en el ejemplo anterior, donde la forma esférica del tomate colabora como signo de color rojo distintivo en su identificación.

Por lo tanto, el color es signo, tal y como vimos (5.4.3.2↔6.2.1). El color actúa como significante donde podemos obtener diversos significados a partir de este. El color nos ayuda para informarnos de multitud de características de los diferentes objetos con los que interaccionamos habitualmente, por ejemplo como signo de maduración, un tomate podemos verlo verde o rojo, en todo los casos la forma es la misma y nos sirve para identificar la categoría "tomate", por otro lado, el verde nos indica que el tomate no está listo para comerlo, el rojo nos dice que ya ha llegado a su momento de madurez, si por ejemplo vemos un tomate azul, entonces el significado nos referencia a un estado innatural o artificial, que nos pide algún signo más para su categorización, como por ejemplo cogerlo y detectar que clase de materia posee (Figura 416).



Figura 416

De igual manera, forma y color como significantes nos pueden informar de otros atributos del objeto como por ejemplo el de su peso aparente o visual.

Supongamos dos tomates artificiales de diferente color (Figura 417a). En un primer lugar, identificamos como más pesado el de la derecha, y si los observamos bien, notamos que lo único que cambia entre ellos es el color, ya que su

forma y tamaño son iguales, entonces el color nos transmite sensación de peso. Si nos preguntan, podríamos decir que pensamos que pesa más el objeto negro porque nos da la sensación de ser más denso que el blanco. De esta forma, por lo tanto podríamos decir que el color afecta a la condición de peso mediante la sensación de *densidad*.

Por otro lado, la forma también es signo de peso. Cuanto más grande es un objeto más pesa (Figura 417b). Si observo dos objetos con las mismas características de apariencia superficial, entendemos que están compuestos por el mismo material, y visualmente pesa más el que nos parece más grande. En este caso, el factor que afecta al peso es el tamaño volumétrico, por lo que podemos determinar que la forma afecta a la condición de peso mediante la sensación de *tamaño* o *volumen*.

Por otro lado, al ver un objeto con mayor densidad y mayor volumen su peso igualmente se ve proporcionalmente multiplicado (Figura 417c). En este caso, los signos de forma y color actúan vinculados, ya que existe tanto cambio de tamaño como de color.



Figura 417

Wucius Won³⁰⁵ comenta; “Las formas oscuras entre otras más claras, sobre un fondo blanco, las formas grandes entre formas pequeñas, tienden a parecer más pesadas. Además todas las formas parecen estar sujetas a una presión gravitatoria hacia el borde inferior del diseño”. Entonces, densidad y volumen necesitan de la interacción para emerger. Son cualidades visualmente mensurables, es decir, aparecen con la comparación, ya que sin ella no pueden existir. La densidad aparece con la comparación de color, en concreto, por el contraste de luminosidades. Mientras que el volumen aparece con la comparación de forma, concretamente por el contraste de tamaños. Está claro que no podemos establecer el tamaño de un objeto sin compararlo con algo que nos sirva de referencia.

Dado que todo objeto material (así como nuestro cuerpo) siempre está obligatoriamente ligado a la gravedad en nuestra vida terrenal, interpretamos todo lo que vemos con esta propiedad, ya tenga significado o sea abstracto, no podemos desligarnos de esta tendencia. Esta es la razón de que la acción sensorial y la acción psicológica debida a la densidad lumínica y al tamaño estén totalmente ligadas, y por eso se denomina *peso visual*. Estamos vinculados constantemente a la gravedad, físicamente y visualmente. Para desvincularnos visualmente de la sensación de gravedad visual tenemos que hacer un esfuerzo mental, si no estará siempre presente.

Wucius Won comenta;

“La gravedad afecta al equilibrio de los elementos de una composición. Las formas pesadas pueden equilibrarse con formas ligeras, una forma con un grupo de formas. Un diseño perfectamente equilibrado, con cada forma en su sitio adecuado, quedaría trastornado por la adición, la sustracción o la transposición de una sola forma. El diseño puede parecer también desequilibrado si se mira oblicuamente o de arriba abajo.

³⁰⁵ WONG, Wucius.1988. Principios del diseño en color. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Los efectos de gravedad también pueden contribuir a crear formas estables e inestables. Las formas estables tienen bases amplias, paralelas a la parte inferior del diseño. Las formas inestables tienen bases puntiagudas o estrechas. Las formas estables pueden ladearse para que parezcan menos estables. Las formas inestables pueden hacerse estables con la ayuda de otras formas”.

En nuestra actividad visual constantemente confrontamos formas y colores. La vinculación directa de forma/color con volumen/densidad se nos hace presente en la selección, evaluación y descarte visual en lo que denominamos peso visual.

El peso visual actúa constantemente sobre nuestra visión al estar vinculado a las cualidades de forma y color, que son las cualidades y signos básicos que utilizamos en la comparación visual al desenvolvemos en nuestra vida cotidiana.

El peso visual es diferente del peso perceptivo. Para que exista un peso perceptivo implica un proceso de categorización donde ha existido una intención previa, donde se ha prestado atención, y donde se han buscado y detectado signos. El peso visual actúa directamente y aparece en todo proceso visual, por lo tanto aparece también en el proceso de exploración y búsqueda de información visual. El peso de igual forma, actúa sobre toda la imagen y de forma global, tanto sobre la información visual seleccionada, como sobre la información visual discriminada en nuestra imagen visual.

De hecho, con ausencia de categorización en nuestra imagen visual siguen existiendo color y forma. Supongamos que perdemos nuestra capacidad de identificar los objetos por un instante, aunque no podamos reconocerlos, seguimos viendo formas y colores en nuestra imagen visual, y al interactuar estas formas y colores de forma conjunta en nuestra imagen visual dan como resultado una serie de fuerzas y tensiones visuales, donde el peso visual se establece como una de las más potentes (6.1.3↔6.2.1).

6.2.2. LA ACCIÓN SENSORIAL DEBIDA A LA CANTIDAD DE LUZ

En este punto central de la investigación, vamos a estudiar el efecto en conjunto del peso visual a lo largo y ancho de nuestra imagen visual. Como vimos el peso visual es la acción sensorial que experimentamos a través de nuestra imagen visual debido a la cantidad de luz visible que nos llega desde los diferentes objetos materiales que nos rodean.

En torno a la cualidad del color, como elemento básico de interacción vamos a utilizar la característica que nos informa de la cantidad de luz que nos llega, es decir la luminosidad (5.3.1.3↔5.3.3.2↔6.2.2). Mientras que en torno a la cualidad de forma vamos a utilizar la propiedad que nos informa de la cantidad de espacio ocupado respecto de la totalidad de la imagen visual, es decir el tamaño (5.1.2.8↔5.3.4↔6.2.2).

No obstante, las otras cualidades del color y de la forma están relacionadas con el peso visual, tal y como vimos en el punto anterior, en lo que denominamos la acción sensorial visual global. También, en este tema profundizaremos en ciertos efectos de estas interacciones. Por otro lado, las cualidades de espacialidad, profundidad y de movimiento aparecerán reflejadas en función de; el marco de la imagen visual seleccionada, de si la imagen es tridimensional y de si esta sufre variación en el tiempo o no, como también veremos.

6.2.3. LA ACCIÓN SENSORIAL LUMÍNICA

Como acabamos de señalar, una parte de la acción sensorial lumínica se debe al color. Los objetos se nos hacen visibles al reflejar parte de la luz que les llega. Su color lo vemos debido a la reflexión difusa que llega a nuestros ojos. Esta reflexión aparece al interaccionar la luz visible con las diferentes superficies que forman estos objetos. Por lo tanto, el estímulo que produce el color de un objeto depende de la cantidad y de la gama de luz visible que es reflejada por esa superficie. Estas características las podemos observar en un espectro de reemisión (5.1.1↔5.2.2.3↔5.3.3.3↔6.1.6↔6.2.3). Jorrit Torkins³⁰⁶ define el espectro de reemisión absoluta como aquel espectro (Figura 411) constituido por las radiaciones que son reflejadas por una superficie situada bajo la luz incolora convencional.

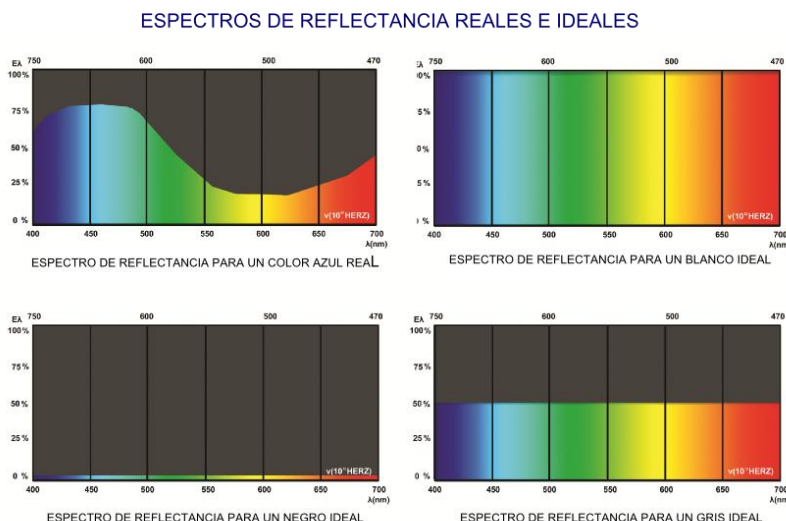


Figura 418

Por lo tanto, la cantidad de luz reflejada en el espectro de reemisión se puede calcular mediante la integral del espectro en todas sus frecuencias visibles, siendo;

$$Y = \int_{780nm}^{380nm} f(\lambda) d\lambda$$

Sin embargo, la percepción humana no es uniforme a lo largo de espectro visible. Esto significa que una cierta potencia lumínica produce diferentes sensaciones dependiendo de su longitud de onda. Para tener esto en cuenta, CIE define el concepto de *luminancia*, que es proporcional a la potencia luminosa a través de las longitudes de onda visibles, ponderada de acuerdo a un espectro estandarizado que se aproxima a la sensibilidad espectral de la visión humana normal³⁰⁷ y se expresa de la siguiente forma³⁰⁸:

$$Y = k_m \int_{780nm}^{380nm} E(\lambda)V(\lambda) d\lambda$$

Siendo; k_m una constante que relaciona lúmenes con vatios (escotópico=1700 l_mW^{-1} and fotópico 683 l_mW^{-1}); $E(\lambda)$ es la radianza espectral (Utilizamos radianza en lugar de reflectancia debido a que está incluye toda luz proveniente de

³⁰⁶ TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)
³⁰⁷ POYNTON, Charles; FUNT, Brian. 2014. *Perceptual Uniformity in Digital Image Representation and Display* Volume 39, Color Research & Application, Number 1, February 2014)
³⁰⁸ ARTIGAS, J. M; CAPILLA, P; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Fundamentos de colorimetría*. (Valencia: Universitat de Valencia).

cualquier objeto y no solo la luz que proviene reflejada de los objetos), y $V(\lambda)$ es la sensibilidad espectral para una visión humana normal.

Por lo tanto, usaremos la *luminancia relativa* con valores que van desde "0" hasta "100". Donde "0" se corresponde con el negro y "100" se corresponde con el blanco. El blanco de referencia para la luminancia relativa se elige para corresponder aproximadamente con la luminancia de un reflector difuso perfecto en la escena³⁰⁹.

Sin embargo, la luminancia es una medición lineal y directamente proporcional a la potencia luminosa de la luz, pero nuestra respuesta perceptual no es lineal (5.3.1.3↔6.2.3). Los humanos somos mucho más sensibles a pequeños cambios de luz en condiciones de poca luz que bajo condiciones de mucha luz. Si modificamos la escala de luminancia para que el resultado represente lo que percibimos en vez de la intensidad física, entonces tenemos la Luminosidad (*Lightness*).

VALORES DE LA LUMINOSIDAD Y SU RELACIÓN CON LA LUMINANCIA

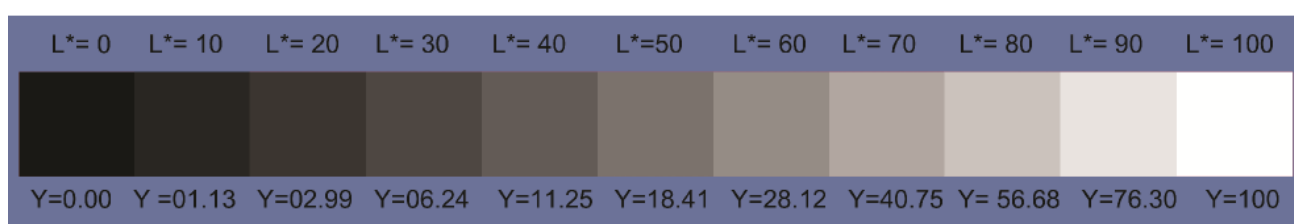


Figura 419

La luminosidad (Figura 419) es denotada como L^* y es definida por la CIE³¹⁰ como una raíz cubica modificada de la luminancia:

$$L^* = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \text{ para } Y/Y_n > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \cdot Y/Y_n \text{ para } Y/Y_n \leq 0.008856$$

Donde;

Y es la luminancia relativa (como se ha definido en la ecuación anterior, y Y_n es la luminancia del blanco de referencia).

Por lo tanto, vamos a usar el valor de la luminosidad como la acción sensorial que nos da respuesta de la cantidad de luz que nos llega desde los diferentes elementos que componen nuestra escena visual. La luminosidad tiene un rango que va desde "0" hasta "100". Para trasladar estos valores a valores por unidad vamos a dividirlos entre 100, por lo tanto su valor se encontrará entre "0" y "1" y se denotará como $L^*/100$.

TAMAÑOS PARA UNA IMAGEN DE PROPORCIÓN 3/2

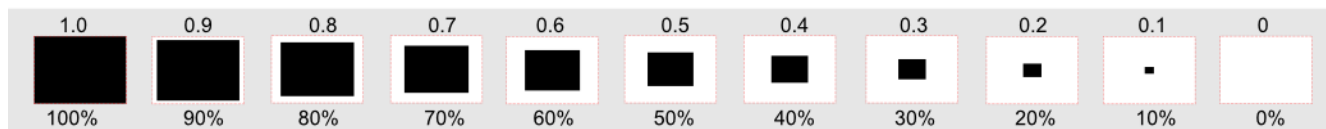


Figura 420

Por otro lado, el segundo factor que actúa sobre la imagen visual se debe a la forma. Joseph Albert³¹¹ comenta en su libro sobre la interacción del color que cuanto mayor sea la superficie que ocupa un color sobre una imagen "A_v", mayor será

³⁰⁹ POYNTON, Charles; FUNT, Brian. 2014. *Perceptual Uniformity in Digital Image Representation and Display* Volume 39, Color Research & Application, Number 1, February 2014)

³¹⁰ CIE 15. 2004. *Colorimetry*. (Vienna: CIE Central Bureau, 2004, 3rd edition, 2004)

su efecto sobre dicha imagen (Figura 420). De esta forma, si adoptamos un valor de "1" para el tamaño total de la imagen entonces las formas de las figuras comprendidas en ella tendrán valores comprendidos entre "0" y "1".

Resumiendo, tenemos dos magnitudes o factores que van a actuar sobre la cantidad de luz que nos transmite una imagen. Una se establece en función de la luminosidad de los colores que la forman " $L*/100$ " y la otra se establece en función de la superficie (tamaño) que ocupan esos colores sobre la imagen visual " A_v ".

La relación de estas magnitudes sensoriales es de proporcionalidad directa, es decir el efecto sensorial es mayor cuanto mayor es cada una de estas magnitudes. De esta forma, cuanto más luminosidad transmita un color mayor será su efecto y cuanto menos luminosidad transmita menor será su efecto, y por otro lado, cuanto mayor área ocupe ese color mayor también será su efecto y viceversa.

Entonces, la acción sensorial que experimentamos debida a la cantidad de luz " S_l " que aparece en una imagen visual la podemos expresar de la siguiente forma;

$$S_l = L* /100 \cdot A_v$$

Puesto que las luminosidades y las áreas están comprendidas entre los valores de "0" y "1", entonces la acción sensorial también estará comprendida entre estos valores.

6.2.4. RELACIONES VISUALES Y FÍSICAS: FUERZA, GRAVEDAD Y PESO VISUAL

En primer lugar, debemos aclarar que las denominaciones de gravedad, peso y fuerza visual que se van a utilizar en este trabajo se han establecido por la asociación natural que aparece entre las sensaciones que nos aportan estos efectos físicos y las sensaciones que obtenemos al observar los objetos que componen una imagen³¹². Sin embargo, estas acciones visuales se podrían llamar simplemente acciones sensoriales lumínicas, o de otro modo.

En un primer lugar, las denominaremos fuerzas visuales " F_v "; al establecer una analogía entre el efecto de estas acciones y el de las fuerzas físicas. Sin embargo, la luminosidad no es la única cualidad del color apta de provocar una fuerza visual, de hecho, las otras cualidades del color también provocan efectos sensoriales aunque de carácter diferente. Por lo que para diferenciar los efectos de la luminosidad de los efectos de las otras cualidades, esta fuerza la vamos a concretar como peso, en concreto peso visual " P_v "; designado de la siguiente manera:

$$P_v = L* /100 \cdot A_v$$

Como hemos dicho, existen asociaciones que podemos experimentar entre estas acciones sensoriales visuales y las acciones físicas que crea la gravedad. De forma natural asignamos mayor peso a aquellos objetos que muestran mayor contraste con su fondo. En cualquier composición (Figura 421) donde la luminosidad del color de una figura se va aproximando a la luminosidad del color del fondo observamos que paralelamente esta va ganando levedad. De forma contraria, según aumenta el contraste la sensación de peso se acentúa. Por lo tanto, el contraste lumínico, es la interacción responsable de crear la acción del peso visual.

³¹¹ ALBERS, Josef. 1988. *La interacción del color*. (Madrid: Alianza Forma)

³¹² ARNHEIM, Rudolf. 2011. *El poder del centro. Versión definitiva*. (Móstoles-Madrid: Editorial Akal)

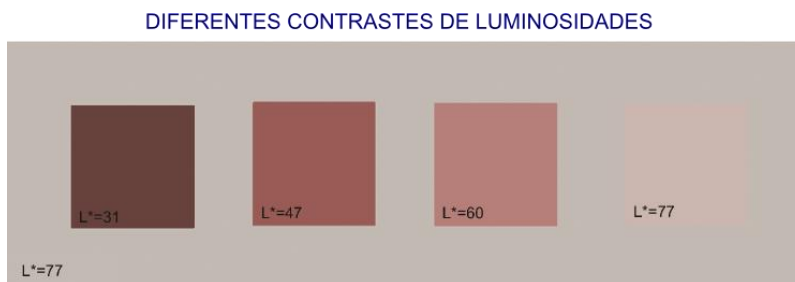


Figura 421

Por otro lado, la acción de la gravedad configura los ejes de equilibrio de nuestra imagen visual. Sabemos que el peso físico es una fuerza que atrae a los objetos dotados de masa hacia el centro de la tierra, por lo tanto lo podemos representar como un vector vertical hacia abajo, de esta forma, nuestra referencia de verticalidad se la debemos al peso (Figura 422).



Figura 422

La posición natural de nuestra cabeza es generalmente vertical con los ojos paralelos a la horizontal, que es el otro eje referenciador de nuestro equilibrio, el cual se establece de forma ortogonal al peso (5.3.1.2↔5.4.3.5↔6.2.4).

Por lo tanto, la verticalidad es utilizada constantemente tanto cuando estamos quietos, como cuando nos encontramos en movimiento, incluso cuando nos encontramos en una posición diferente a la vertical. De esta forma, no hace falta experimentar el desequilibrio gravitatorio para experimentarlo visualmente de igual manera (Figura 423).

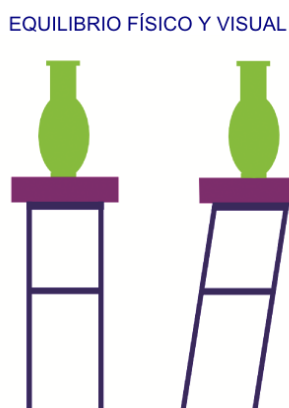


Figura 423

Para finalizar este punto, a la hora de la determinación de las magnitudes que influyen en estas acciones podemos seguir estableciendo analogías entre peso físico y peso visual. Por un lado, podemos llamar densidad visual o peso visual

especifico como realizó Joaquín Casado³¹³ al factor de reflectancia $L^*/100 = D_v$, y volumen visual al tamaño superficial $S_v = V_v$, y por otro lado, al ser la gravedad visual una sensación constante para el hombre en cualquier escenario terrestre, le podemos establecer un valor constante e igual a la unidad, siendo entonces:

Densidad Física	Densidad Visual
$D = m / V ; m = D \cdot V$	$D_v = m_v / V_v ; m_v = D_v \cdot V_v$
Peso Físico	Peso Visual
$P = m \cdot g = D \cdot V \cdot g$	$P_v = D_v \cdot V_v \cdot g_v ; P_v = D_v \cdot V_v$ (con gravedad visual: $g_v = 1$)

Para concluir este punto, se hace necesario clarificar la diferencia entre peso visual y peso perceptual. El peso perceptual se entiende como el peso asignado mentalmente a ciertos objetos de la imagen una vez que estos han sido reconocidos. Por ejemplo, si reconocemos una imagen como una figura negra de plástico (Figura 421) podemos asignarle mentalmente poco peso. Esto es lo que denominamos asignación perceptual de peso físico (6.2.4↔6.2.13).

El peso simbólico puede ser también asignado debido al significado que tiene para nosotros el objeto reconocido. Por ejemplo, la figura anterior puede tener un peso considerado debido a una identificación religiosa particular de una persona concreta. En ambos casos, este peso perceptual es subjetivo, y por lo tanto no lo vamos a incluir en nuestro trabajo.

Dado que estamos interesados en la composición y el equilibrio de la imagen, es decir, en la totalidad de la imagen y las interacciones que aparecen en ella, nos centraremos en el peso visual y solo atenderemos el peso perceptual, en ciertos casos concretos como ejemplificación de amplificación o reducción de la acción. Por lo tanto, si volvemos a nuestra figura negra e intentamos desvincularla de cualquier significado, observamos que en dicha composición de imagen adquiere un gran peso visual.

6.2.5. EL CENTRO DE GRAVEDAD DE UNA IMAGEN

Podemos determinar el centro de gravedad (CG) de una imagen visual de la misma forma que determinamos el CG de un cuerpo material. En primer lugar debemos aclarar la diferencia entre algunos conceptos.

6.2.5.1. Centro de Gravedad (CG), Centro de Masas (CM) y Centroide (C)

El CG es el punto geométrico de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo. Respecto al centro de gravedad las fuerzas de la gravedad del cuerpo producen un momento resultante nulo o dicho de otra forma el CG es el punto donde se equilibra el peso del cuerpo. El

³¹³ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2005. *José Jiménez Jimena Un reflejo del neoplasticismo en la Granada del XX:* (España: Revista EGA, Nº 10. 6. 2005)

CG de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Así, el CG de un cartabón colocado horizontalmente está situado en el centro del triángulo que, obviamente, no pertenece al cuerpo.

El CM coincide con el CG sólo si el campo gravitatorio es uniforme; es decir, viene dado en todos los puntos del campo gravitatorio por un vector de magnitud y dirección constante. En nuestro caso al estar nuestro campo visual siempre afectado de la gravedad, asignamos una gravedad visual uniforme, por lo que CM y CG visuales coinciden.

El centro geométrico o C es el punto donde intersectan todos los *hiperplanos* que dividen la figura en dos partes iguales de un cuerpo. Si el objeto es homogéneo o de densidad uniforme, el centroide coincide con centro de masas. También coinciden C y CM cuando la distribución de materia en el sistema esta equilibrada, siendo este el concepto que más nos interesa. En el caso de un cuerpo formado por materiales diferentes con densidades diferentes y no equilibrado, el CG será diferente del C como podemos ver en el siguiente ejemplo (Figura 424).

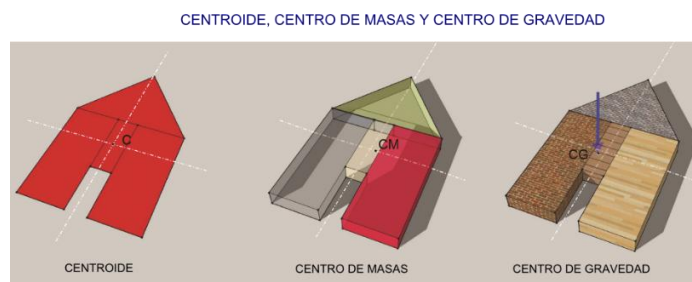


Figura 424

6.2.5.2. El marco y los Ejes de Referencia

Sobre nuestra imagen visual real no detectamos ningún marco o límite, no obstante, sabemos que en nuestro campo visual la horizontalidad adquiere mayor amplitud que la verticalidad (5.3.1.2↔6.2.5.2). Por lo tanto, con el fin de analizar una imagen visual se podría establecer desde un marco ovalado hasta uno rectangular siendo predominante la horizontalidad. Nosotros para simplificar este estudio adoptaremos imágenes con marco rectangular³¹⁴.

Por otro lado, estos marcos siempre deben tener unas referencias sobre la verticalidad y la de la horizontalidad de la imagen. Dado que nuestra imagen visual es predominantemente vertical, el eje vertical "Y" será aquel definido por la dirección de la fuerza de la gravedad, mientras que el eje horizontal "X" será aquel perpendicular a este, es decir cualquier eje que pertenezca al plano formado por nuestra referencia visual horizontal. Como nuestra imagen visual es muy variable, en ocasiones el eje horizontal coincidirá con la línea de tierra pero en otras ocasiones no será así.

En el caso de variar la posición natural de nuestra imagen visual, por ejemplo si observamos una figura mirando hacia abajo, entonces los ejes que definen la imagen pasan a ser exclusivamente horizontales y debemos entender que la acción del peso visual en este caso se dirige en la misma dirección que nuestra mirada.

De igual forma que no es lo mismo como actúa la direccionalidad del peso sobre el centro de gravedad de una figura apoyada verticalmente que apoyada horizontalmente³¹⁵, tampoco es lo mismo visualmente (Figura 425). En imágenes verticales, que son la mayoría, al poseer el vector del peso visual una direccionalidad vertical hacia abajo, el momento dinámico o desequilibrador dependerá exclusivamente de la distancia horizontal "Xcm" del centro de gravedad al centro geométrico. Por lo tanto, su componente vertical "Ycm" no crea un desequilibrio gravitatorio, no obstante aporta un

³¹⁴ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

³¹⁵ ARNHEIM, Rudolf. 2011. *El poder del centro. Versión definitiva*. (Móstoles-Madrid: Editorial Akal). Pág 22-26.

desequilibrio geométrico respecto el marco de la imagen y su posición nos transmite información de su energía potencial³¹⁶ visual respecto el eje horizontal de la imagen visual seleccionada.

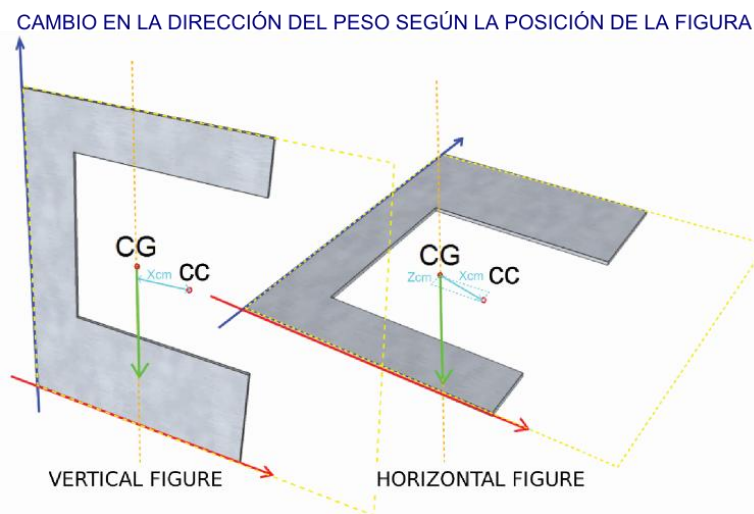


Figura 425

Una vez establecidos el marco y los ejes de referencia de la imagen en estudio, el CG visual lo calcularemos de la misma forma que se calcula un CM, es decir obteniendo sus dos coordenadas (X_{CM}, Y_{CM}) sobre los ejes de referencia "X" e "Y"; de la siguiente forma;

$$X_{CM} = \frac{\sum m_{vi} \cdot x_{vi}}{\sum m_{vi}}$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum m_{vi} \cdot y_{vi}}{\sum m_{vi}}$$

Siendo, por un lado $m_{v1}, m_{v2}, \dots, m_{vn}$ las masas visuales, o sea $m_{v1} = D_{v1} \cdot V_{v1}, m_{v2} = D_{v2} \cdot V_{v2}, \dots, m_{vn} = D_{vn} \cdot V_{vn}$, y por otro lado $x_{v1}, x_{v2}, \dots, x_{vn}$ e $y_{v1}, y_{v2}, \dots, y_{vn}$ las coordenadas de los centros de las diferentes masas visuales a los ejes de referencia "X" e "Y" del marco de la imagen visual.

Por lo tanto, al igual que cualquier fuerza física, el peso visual se puede representar mediante sus características de intensidad, posición y dirección. El valor del peso visual lo aportará la intensidad, las coordenadas de su centro de gravedad nos informaran de su posición en la imagen y la dirección será la misma que la del peso físico, es decir vertical hacia abajo según el eje "Y", tal y como hemos visto.

Podemos ejemplificar el cálculo del CG con un ejemplo sencillo de la siguiente forma. En las figuras planas verticales (Figura 426) vamos a establecer los ejes de referencia y vamos a calcular el CG.

Dado que la densidad (luminosidad) es igual en todas las figuras el Centroide de las figuras coincidirá con su CM y con su CG.

³¹⁶ ARNHEIM, Rudolf. 2011. *El poder del centro. Versión definitiva*. (Móstoles-Madrid: Editorial Akal). Pág 29-32.

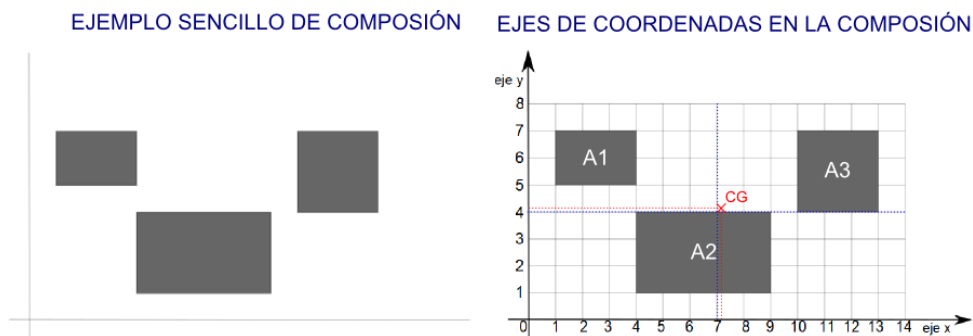


Figura 426

Sabiendo que los tamaños de las figuras son los siguientes; A1=6, A2=15 y A3=9, podemos calcular su centro de gravedad respecto de su fondo blanco.

$$X = \frac{6 \times 2.5 + 15 \times 6.5 + 9 \times 11.5}{6 + 15 + 9} = 7.2$$

$$Y = \frac{6 \times 6 + 15 \times 2.5 + 9 \times 5.5}{6 + 15 + 9} = 4.1$$

En este caso el CG queda muy próximo del centro geométrico del rectángulo que forma la imagen.

Si las figuras aportan diferentes densidades (luminosidades) entonces el Centroide de las figuras será diferente del CM y del CG (Figura 427).

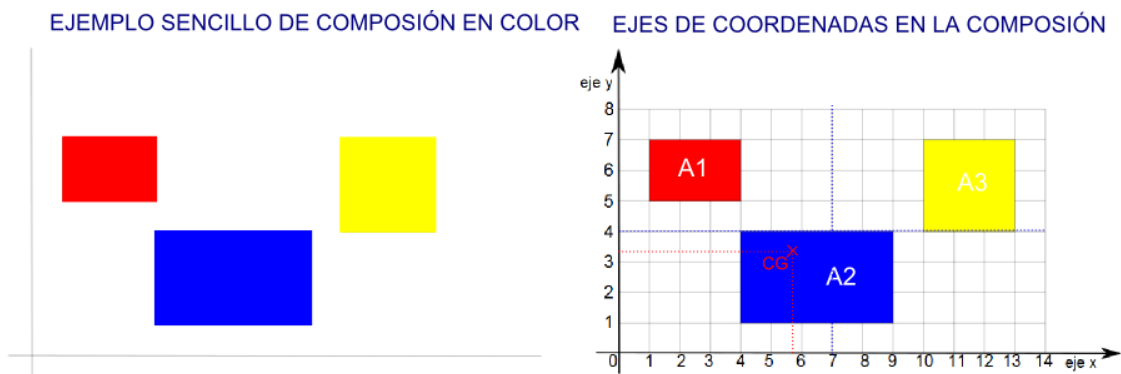


Figura 427

Sabiendo que los tamaños se mantienen y que las luminosidades en este caso son; L1=0.49, L2=0.72 y L3=0.03. Entonces podemos calcular el centro de gravedad visual de la siguiente forma;

$$X = \frac{6 \times 2.5 \times 0.49 + 15 \times 6.5 \times 0.72 + 9 \times 11.5 \times 0.03}{6 \times 0.49 + 15 \times 0.72 + 9 \times 0.03} = 5.76$$

$$Y = \frac{6 \times 6 \times 0.49 + 15 \times 2.5 \times 0.72 + 9 \times 5.5 \times 0.03}{6 \times 0.49 + 15 \times 0.72 + 9 \times 0.03} = 3.29$$

En este caso el CG cambia de posición por el efecto de las diferentes densidades (luminosidades), por otro lado se separa también de C el centro geométrico de la imagen y del CG de las figuras que hemos calculado antes que tenían densidades iguales.

6.2.6. LA ESCENA Y EL VALOR RELATIVO DE LA LUMINOSIDAD

Hasta este momento hemos visto el efecto visual que crea un objeto al reflejar parte de la luz que le llega en nuestra imagen visual. Si vemos un solo objeto en nuestra imagen o campo visual es porque el resto del entorno es negro, es decir el escenario o fondo de la imagen visual es totalmente oscuro, y no refleja ninguna luz. En nuestra vida cotidiana estos escenarios pueden aparecer en noches oscuras o espacios interiores oscuros donde una luz dirigida se proyecta sobre algún objeto (Figura 428). Por lo tanto, en un escenario de oscuridad natural, los colores que transmiten mayor fuerza son aquellos que reflejan más cantidad de luz, o sea aquellos en los que el área de su espectro de reflectancia está más ocupado. En este caso, tendríamos un valor para el blanco ideal de $D_v = 1$ o peso máximo y para el negro del fondo $D_v = 0$ sin peso alguno. Sin embargo, esto no es lo habitual en nuestros entornos habituales. En nuestra imagen visual lo normal es que aparezca un conjunto de figuras u objetos y que el fondo o escenario no sea totalmente oscuro.

FIGURA BLANCA SOBRE FONDO NEGRO Y FIGURA NEGRA SOBRE FONDO BLANCO



Figura 428

6.2.7. El fondo parcial

El fondo de la imagen generalmente es variable. Por ejemplo, en un día luminoso con el cielo recubierto de nubes blancas el fondo se acerca al blanco o en un punto intermedio, como en un día de lluvia, el fondo de nuestra imagen puede ser gris.

Si por ejemplo analizamos un objeto negro en un escenario o fondo blanco (Figura 428b) experimentamos una sensación contraria a la imagen anterior, por lo tanto el objeto negro sin prácticamente reflexión de luz es el que actúa con más fuerza visual sobre la imagen y el fondo del escenario que refleja gran cantidad de luz se percibe prácticamente sin carga visual. Por lo tanto, el color negro pasa a transmitir el mayor efecto y deberíamos asignarle el valor de “ $D_v = 1$ ”, y el blanco sin contraste con el escenario, al transmitir el efecto más débil sobre la imagen, deberíamos asignarle el valor de “ $D_v = 0$ ”.

FIGURAS BLANCA Y NEGRA SOBRE FONDO GRIS Y SOBRE FONDO ROJO



Figura 429

Por otro lado, en un escenario intermedio, por ejemplo con un fondo gris medio (Figura 429a) debido al contraste que aparece entre los elementos, un color claro puede transmitir tanta fuerza como uno oscuro. Incluso, nos podemos encontrar con escenarios (sobretudo interiores) donde el fondo es de un color cualquiera con una luminosidad situada en algún punto entre los dos polos sensoriales (Figura 429b). En estos casos, la luminosidad del fondo se establece sensorialmente con un valor nulo o igual a cero y los pesos de las figuras se restablecen entorno a esta densidad base hasta alcanzar los nuevos polos que van desde esta densidad base o luminosidad del fondo hasta completar el rango de la unidad.

Por lo tanto, en estos casos según cambia el fondo también cambia el valor de las luminosidades y de esta forma, el de las densidades. A estas nuevas densidades variables que dependen del fondo de la imagen las hemos denominado *densidades parciales*.

En la imagen (Figura 430) podemos observar como varia el valor de un gris con una luminosidad de $D_v = 0.3$ para un fondo negro según este fondo va cambiando su luminosidad.

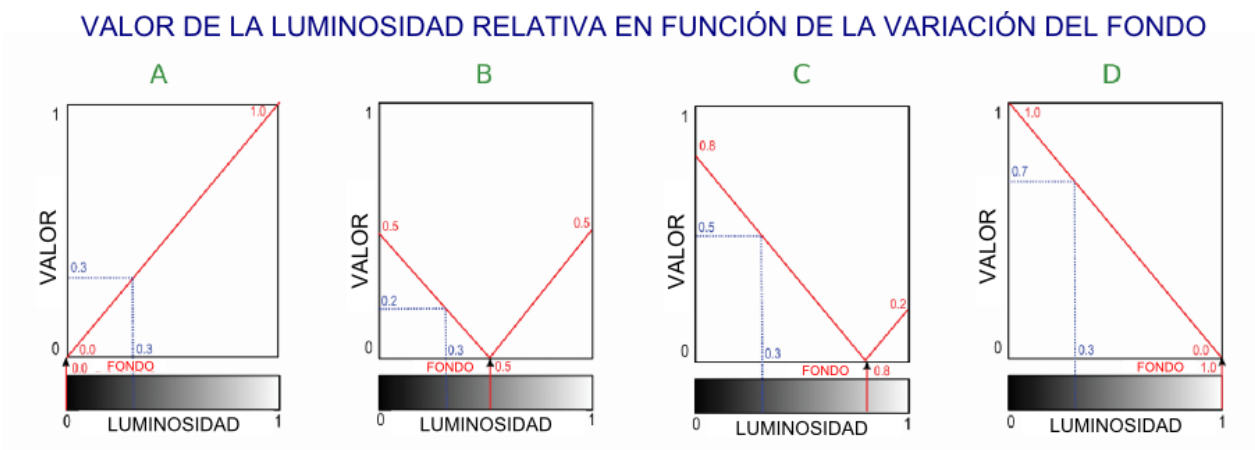


Figura 430

Para el cálculo de la densidad parcial de una figura con un fondo de cualquier color entonces realizamos la siguiente operación:

$$D_{vp} = | D_{vf} - D_{vb} |$$

Siendo;

D_{vp} = Densidad parcial de la figura (expresada en tanto por uno)

D_{vf} = Densidad del fondo parcial para un escenario ideal negro.

D_{vb} = Densidad de la figura para un fondo negro (expresado en tanto por uno)

6.2.8. La figura integral

Por otro lado, podemos encontrarnos con imágenes visuales donde el objeto o grupos de objetos que se establecen como figura abarcando la totalidad de la imagen visual. En estos casos se puede entender que no hay fondo o que todo el escenario es la figura. Por lo tanto, el *escenario integral* será la figura o conjunto de figuras que ocupa la totalidad de la

imagen visual. Por otro lado, la *densidad integral* será la magnitud de luminosidad variable que se debe asignar a cada elemento en función de los restantes elementos con los que interacciona en la imagen.

Para la determinación del valor del escenario integral se calculará la acción sensorial que aporta la totalidad de la imagen visual tomando como referencia la ausencia total de luz o negro ideal con un valor de cero. De esta forma, el valor de cada densidad integral vendrá dado por el contraste en valor absoluto entre la densidad del escenario integral y la densidad del color en cuestión para un escenario de total ausencia de luz o con un fondo negro ideal, según:

$$D_{vi} = | D_{ve} - D_{vn} |$$

Siendo;

D_{vi} = Densidad integral del elemento (expresada en tanto por uno)

D_{ve} = Densidad del escenario integral (Luminosidad de la imagen=Peso de toda la imagen para un escenario ideal negro)

D_{vn} = Densidad del elemento para un fondo ideal negro (expresado en tanto por uno)

6.2.8.1. Peso Visual Parcial y Peso Visual Integral

A la hora de establecer el peso visual parcial de una figura (P_{vp}) con un fondo de la imagen que pueda tener una luminosidad con valores entre el "1" y el "0", se determinará en función de la densidad parcial, por lo tanto:

$$P_{vp} = D_{vp} \cdot V_{vp}$$

V_{vp} = Volumen parcial (Superficie ocupada por la figura en la imagen)

El peso visual de una figura podrá ir de algo más de "0" hasta algo menos de "1".

Por otro lado, el peso visual integral de un elemento de la imagen (P_{vi}) es aquel donde toda la imagen se configura como figura y se establecerá en función de la densidad integral, por lo tanto:

$$P_{vi} = D_{vi} \cdot V_{vi}$$

V_{vi} = Volumen integral (Superficie ocupada por el elemento en la imagen)

De esta forma, el peso visual relativo de la totalidad de la imagen será la suma de los pesos de todos los elementos que forman la imagen:

$$P_{vt} = \sum P_{vi}$$

En este caso, el peso visual relativo de toda la imagen estará comprendido entre "0.5" y "0" y se configura como un índice del equilibrio de los volúmenes que configuran la imagen y el contraste entre sus luminosidades. Más equilibrio de masas y más contraste de densidades implica más peso visual integral o de toda la imagen.

6.2.9. LA SEGREGACIÓN PERCEPTIVA FIGURA-FONDO

La segregación perceptiva figura-fondo es nuestra capacidad de separar los objetos formales entre sí. Cuando percibimos un estímulo visual, parte de lo que vemos es el centro de atención es decir, la figura y el resto es el segundo plano

indiferenciado o el fondo. Sobre una misma imagen podemos seleccionar una figura dejando el resto como fondo o invertir la selección, es decir, que el fondo pase a ser figura y la figura fondo. Estos esquemas ambiguos bordean un estado de "multiestabilidad" cómo comenta Rudolph Arnheim³¹⁷. De igual forma, ante imágenes complejas podemos seleccionar entre diversas figuras, dejando el resto de la imagen como fondo. En general, podemos decir que se pueden establecer tantos CG como posibilidades de segregación fondo-figura existan. En el caso de la inversión, podemos ver como el CG varia (Figura 431), evidentemente siempre que la imagen no sea simétrica, ya que en este caso los dos CG coincidirían.



Figura 431

Otro ejemplo lo podemos ver en las siguientes imágenes (Figura 432). En cuanto al peso visual parcial podemos observar que si asignamos como fondo el azul en la imagen primera el CG cambia totalmente a si lo asignamos al revés, es decir adoptamos el azul como figura. Por otro lado, podemos entender toda la imagen como una unidad o figura, entonces estamos hablando de peso visual integral. En nuestro ejemplo, si entendemos azul y rojo como pertenecientes a la misma figura y abarcando toda la imagen, entonces en peso visual se sitúa en otro punto diferente sobre la imagen visual.

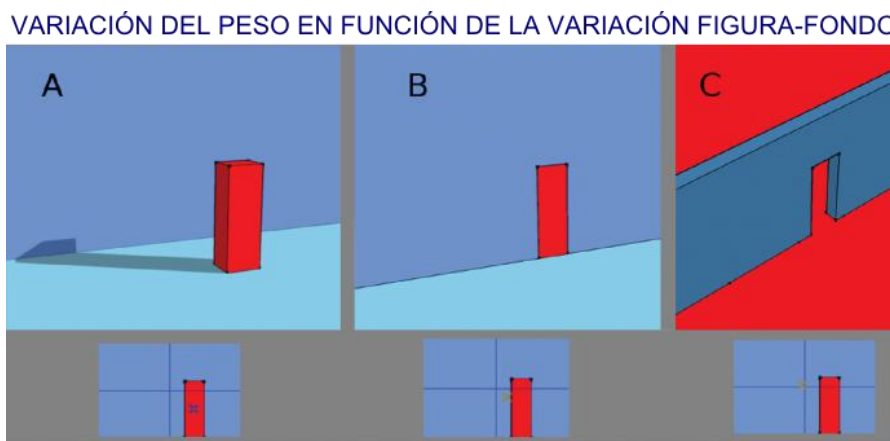


Figura 432

Por lo tanto, queda aclarado que el peso visual de una imagen es variable y su variabilidad depende de nuestra atención y de cómo establezcamos la segregación visual sobre ella.

En torno a este tema, Rudolph Arnheim comenta algunos factores que influyen en la selección de la figura, entre ellos los propuestos por Edgar Rubin como que la superficie circundada tiende a verse como figura, que las áreas menores también tienden a verse como figura, que la convexidad tiende a triunfar sobre la concavidad o que ante dos áreas

³¹⁷ ARNHEIM, Rudolf. 2011. *El poder del centro. Versión definitiva*. (Móstoles-Madrid: Editorial Akal). Pág 12-13.

delimitadas horizontalmente, la inferior tiende a verse como figura. Arnheim también comenta como la figura se acentúa con la textura, o como la simplicidad de forma y en especial la simetría predisponen a un área a funcionar como figura o que la figura con protuberancias o ángulos apuntados aporta un carácter de avance activo ante el fondo. Entorno al movimiento relativo, Arnheim hace referencia a J. Gibson y comenta que este movimiento ayuda también a esclarecer cuál de las áreas es figura y cuál es fondo.

En la percepción, concretamente en los procesos de detección y reconocimiento de objetos, nuestra visión va cambiando el foco de atención constantemente con el fin de detectar aquellos signos que nos aportan información. Por lo tanto, es aquí donde la acción del peso visual cobra más fuerza y variabilidad sensorial puesto que este punto del ciclo del proceso perceptivo es el que antecede a la significación. Goldstein³¹⁸ explica que esta es aceptado que la figura se segrega del fondo y después se reconoce el significado de la figura aunque hay autores que dicen que podría ser simultáneo o incluso anterior debido a que la percepción no es lineal y puede procesarse en los dos sentidos.

Discrepancias con la Division Psychology and Language Sciences de la University College de Londres

Tal y como explicamos en la introducción de esta tesis, la división de Psicología y Ciencias del lenguaje de la Universidad de Londres, también ha trabajado en el tema del equilibrio y en la comprobación de la teoría de Arheim³¹⁹.

En este caso, ellos calculan el centro de gravedad (CG) de la misma forma que nosotros, solo que le dan otro nombre (CoM), de igual forma que nosotros, también tienen en cuenta el tamaño en la imagen, al calcularlo a partir de cada pixel de la imagen digital. Sin embargo, ellos no tienen en cuenta la relatividad de la luminosidad para cada imagen concreta, tal y como acabamos de ver. De tal forma, que para ellos, las figuras de la imagen 9, son muy diferentes en cuanto su aporte de peso visual a sus imágenes. La imagen con fondo blanco para ellos tiene muy poco peso, ya que lo blanco es leve y no pesa nunca, mientras que la imagen contigua tiene mucho peso y la pequeña figura es lo único que aporta algo de levedad a la imagen. Para nosotros aquí reside nuestra gran discrepancia y donde pensamos que ellos se equivocan, ya que para que sus cálculos tengan sentido deberíamos entender como si detrás de cada fondo (sea el que sea), hubiera otro gran fondo con un blanco perfecto. Evidentemente, no encontramos sentido tener que suponer un gran fondo detrás de otro fondo. Para nosotros la imagen es tal y como se presenta en su globalidad y no hay que suponer nada, ella misma se puede configurar como una representación válida de nuestra imagen visual en su totalidad.

Por lo tanto, la refutación que hacen de la teoría de Arnheim no es válida para nosotros. No obstante, nos parece muy interesante los métodos que utilizan para llevar a cabo el estudio, sobre todo la forma en la que se posicionan los centros de gravedad de las imágenes elegidas entorno a los ejes principales de un marco estable para las diferentes fotografías (Figura 433), con el objetivo de comprobar la validez de las teorías de este autor.

³¹⁸ GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)

³¹⁹ MCMANUS, I.C.; STOVER Katharina; KIM Do. 2011. *Arnheim's Gestalt theory of visual balance: Examining the compositional structure of art photographs and abstract images* (i-Perception (2011) volume 2, pages 615 – 647)

COINCIDENCIA SOBRE LOS EJES DE EQUILIBRIO DEL MARCO DE LAS IMÁGENES

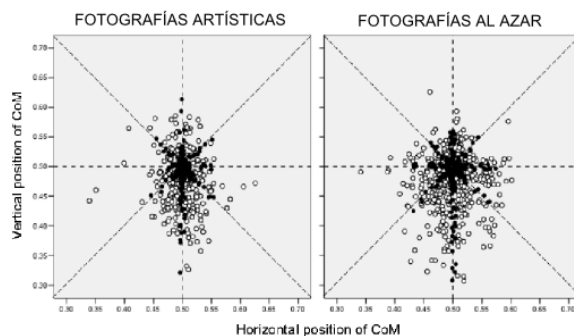


Figura 433

Como ejemplo, de discrepancia vamos a utilizar la misma foto histórica que ellos muestran en el artículo *The Bridge of Chantilly by Edouard-Denis Baldus (1855)*. Como podemos observar el centro de Masas de ellos se sitúa en una posición totalmente diferente, adonde se sitúa teniendo en cuenta su luminosidad relativa (Figura 434).

DIFERENTES POSICIONAMIENTOS DEL CENTRO DE GRAVEDAD EN UNA IMAGEN

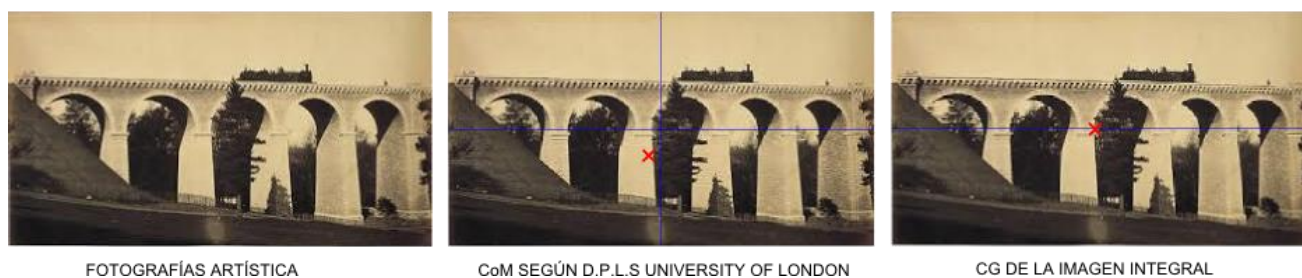


Figura 434

Curiosamente en nuestro caso el centro de gravedad si recae a los ejes de referencia de equilibrio del marco de la foto. Por lo tanto, una foto que ellos entienden como desequilibrada, para nosotros no lo es.

6.2.10. LOS POLOS DE BALANCE

Los polos de balance de una imagen visual se establecen de la siguiente forma; el polo de máximo equilibrio se corresponde con el centro geométrico de la imagen visual es decir el centroide (C) del marco y el polo de máximo desequilibrio teórico se corresponde con el punto o puntos más lejanos al centro geométrico dentro del marco de la imagen visual. Por ejemplo, para una imagen visual bidimensional rectangular el punto de equilibrio coincide con la intersección de sus dos diagonales y los puntos de máximo desequilibrio teórico coinciden con los vértices de estas diagonales. Sin embargo, dado que cualquier figura ocupa un área, entonces esta modificará los polos de desequilibrio por lo que nunca llegaran a situarse en los extremos de las diagonales.



Figura 435

Por otro lado, autores como Rudolph Arnheim³²⁰ y D.A. Dondis³²¹ explican que tenemos preferencia por el ángulo inferior izquierdo de la imagen, esta preferencia es secundaria y de difícil explicación concluyente, sin embargo experimentada por la mayoría de nosotros. Dondis establece que cuando la composición recae en el centro geométrico entonces se encuentra nivelada, cuando la composición recae en la zona inferior izquierda tiene una tensión *mínima* y cuando recae en la parte superior derecha adquiere una tensión *máxima*.

En adición a este tema, Arnheim³²² habla del esqueleto estructural que en el caso de un marco rectangular está formado por el eje vertical, el eje horizontal y las diagonales, todas ellas pasando por el centro. Estas líneas y sus vértices son centros de atracción y repulsión visual, por lo que cualquier resultante del peso visual situado en ellas se encontrará con menos desequilibrio visual.

Sin embargo, cuando se establece un fondo parcial en una imagen rectangular, la figura siempre ocupa un espacio por lo que el polo de máximo desequilibrio nunca puede llegar al límite de la diagonal del marco, como mínimo habrá que restarle la mitad del espesor que ocupa la figura como vemos en la siguiente imagen (Figura 436a). Por lo tanto, podemos adoptar el punto de mayor desequilibrio práctico en el punto más lejano de la parte superior derecha no coincidente con la diagonal.

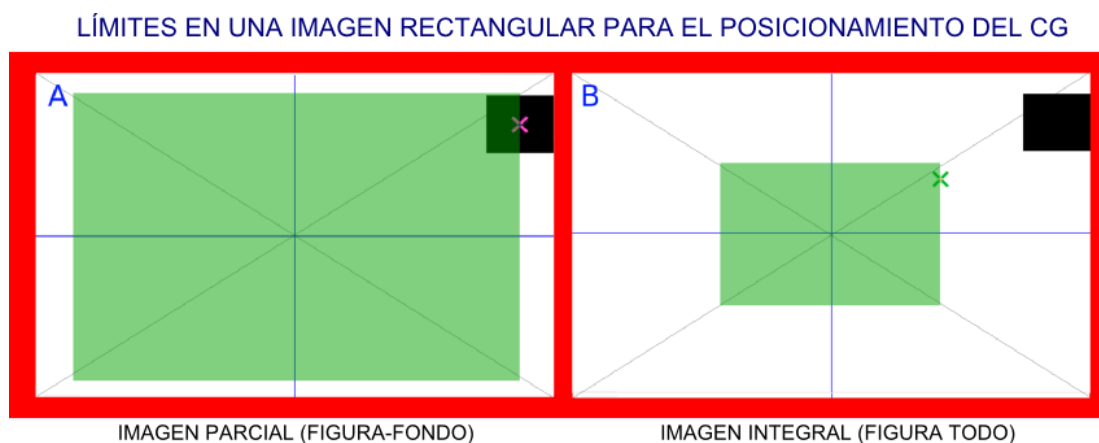


Figura 436

En el caso de un escenario integral, podemos establecer el limite desequilibrante de la siguiente forma; si tomamos dos elementos de máximo contraste es decir un fondo blanco y una figura negra situada en uno de los extremos del marco de la imagen, podemos observar que según hacemos más pequeña y más esquinada la figura, el polo real de máximo

³²⁰ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma). Pág 44-50.
³²¹ DONDIS, Donis. A. 2006 *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili). Pág. 42.
³²² ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma). Pág 28.

desequilibrio se va situando cada vez más cerca del límite situado a un $\frac{1}{4}$ de la base y a un $\frac{1}{4}$ de la altura respecto del centro geométrico (Figura 436b). Por lo tanto, para cualquier imagen rectangular con escenario integral el CG se situará en algún punto dentro del área formada por la mitad de la base y de la altura centrada sobre la imagen visual. No obstante, este tema se explicará detenidamente más adelante.

6.2.11. LAS INTERACCIONES CON OTRAS ACCIONES VISUALES

Una duda que suele aparecer al llegar a este punto es preguntarse ¿por qué no intervienen las otras cualidades del color en el peso visual y en su equilibrio? También y en menor medida aparece la duda de ¿por qué no intervienen otras cualidades de la forma en esta acción?

Atendiendo a la primera cuestión, debemos de aclarar que toda cualidad del color actúa sensorialmente sobre la imagen visual y de forma simultánea. No obstante, la acción visual debida a la luminosidad es diferente que la debida al tono y que la debida al croma (5.3.3.4↔6.2.11). En concreto, la acción debida a la variabilidad de croma actúa sobre la intensidad de la imagen, mientras que la acción debida a la variabilidad de tono actúa sobre la temperatura de esta, por lo tanto, si queremos representar unos vectores para analizar sus efectos estos seguirán unas direcciones diferentes al vector que representa el peso.

No obstante, hay acciones que interactúan en el equilibrio lumínico. Por ejemplo sabemos que en una imagen ciertos colores pueden tener una tendencia a parecer más luminosos que un gris con la misma luminosidad. Este es el efecto conocido como Helmholtz-Kohlrausch³²³ (*H-K Effect*) y afecta directamente al peso visual. Por ejemplo, en las imágenes (Figura 437) ambas figuras tienen la misma luminosidad pero parecen tener diferentes densidades visuales. De la misma forma, sabemos que un amarillo puro tiene una luminosidad diferente de un rojo puro, es decir variar de tono puede implicar variar la luminosidad.

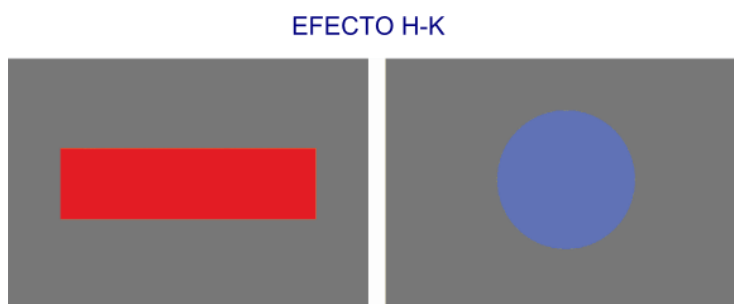


Figura 437

Por otro lado, estas cualidades del color pueden intervenir activamente en la llamada de atención sobre ciertas regiones de la imagen visual, algo que provoca la selección de la figura y por lo tanto en la variación del equilibrio visual de esta.

Entorno a la segunda cuestión, podemos decir que la respuesta es análoga. De las cualidades formales solamente necesitamos el valor de la superficie de la figura y la posición de su CG, ya que cualquier figura con una misma superficie y CG provoca la misma acción sobre el peso visual independientemente de la forma que adquiera la figura, su direccionalidad o composición. Sin embargo, al estar todas las cualidades formales interaccionadas entre sí pueden influir

³²³ NAYATANI, YOSHINOBU. 1997. *Simple estimation methods for the Helmholtz–Kohlrausch effect*. (Color Research & Application. Volume 22, Issue 6, pages 385–401)

en el peso visual y en el equilibrio al variar. Es decir, según deformamos una figura sobre una imagen vamos variando sus cualidades formales y de esta forma, vamos cambiando su superficie y su CG.

En definitiva un rectángulo fino y alargado de color rojo puede crear el mismo peso visual que un círculo de color azul en una imagen, estando los dos equilibrados a la vez, sin embargo las acciones debidas a la intensidad, a la temperatura, o la direccionalidad (6.1.7↔6.2.11) son totalmente diferentes (Figura 437).

La representación de imágenes atendiendo exclusivamente a una de sus cualidades perceptuales del color

Nosotros podemos representar la imagen visual, exclusivamente en función de la luminosidad y mantener gran parte de sus cualidades expresivas, esta es una de las razones que hace, que el peso visual tenga tanta fuerza en nuestra imagen.

Para pasar una imagen, por ejemplo una representación de una composición bidimensional en color, lo único que tenemos que hacer es eliminar el croma de la imagen, es decir convertir la imagen en acromática. Esto generalmente se ha denominado transformar la imagen a la escala de blanco y negro, o a la escala de grises (Figura 438).

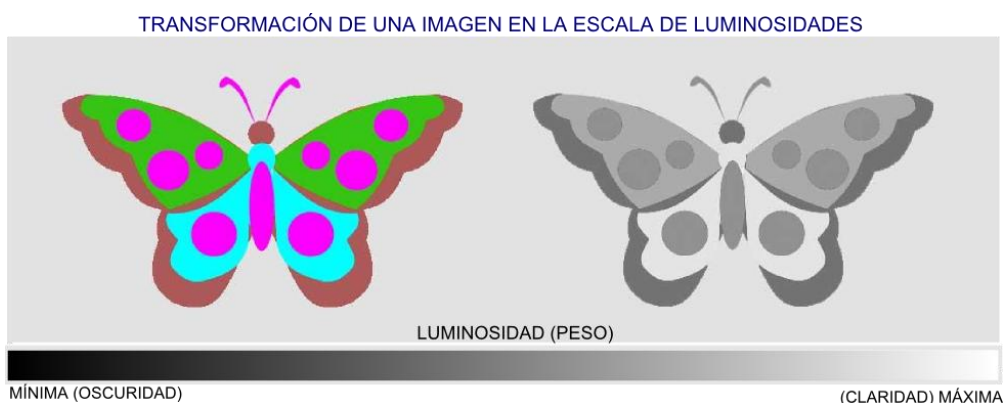


Figura 438

No obstante, la eliminación de la cromaticidad hace perder ciertas propiedades de la imagen y por lo tanto, sus acciones debido a la intensidad y a la temperatura, tal y como vimos. Entonces, una imagen transformada a la escala de grises, podrá confundirnos cuando dos colores tengan la misma luminosidad, es decir no podremos diferenciar un rojo de un gris, o rojo de un azul con iguales luminosidades, y desaparecerá la delimitación cromática entre ambos si existiera. Por lo tanto, esta es la razón de que cuando solo existía televisión en blanco y negro, y por ejemplo emitían un partido de fútbol era indispensable que sus equipaciones tuvieran luminosidades diferentes, ya que si no se hacía este cambio, no se podía diferenciar quien era de un equipo y quien era de otro (Figura 439).

EL PROBLEMA DE LA IGUALDAD DE LUMINOSIDAD EN LA IMAGEN EN ESCALA DE GRISES



Figura 439

Si por otro lado, dejamos una imagen exclusivamente en función de la intensidad perdemos más información visual, en general se mantienen las delimitaciones, a no ser que las figuras contiguas tengan el mismo croma (Figura 440). Pero al

establecer dos polos, por ejemplo al pasar la imagen a una escala de grises en función del croma, pierde más referencias respecto de nuestra imagen visual.

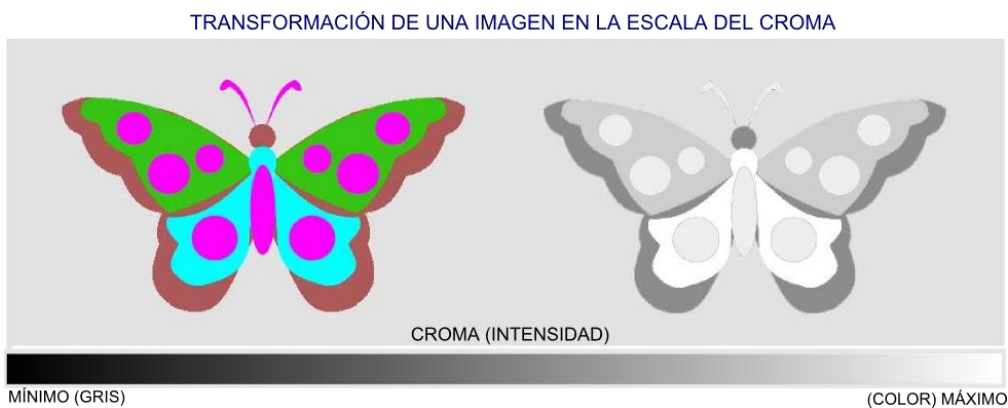


Figura 440

De igual forma, si transformamos una imagen a valores de temperatura, esta también pierde gran información en comparación con la luminosidad, aquí también se mantienen las delimitaciones, perdiéndose solamente los límites entre tonos con igual temperatura, sin embargo al transformar la imagen en escala de grises atendiendo exclusivamente a los tonos vemos que también difiere en ciertos aspectos respecto de nuestra percepción habitual (Figura 441).

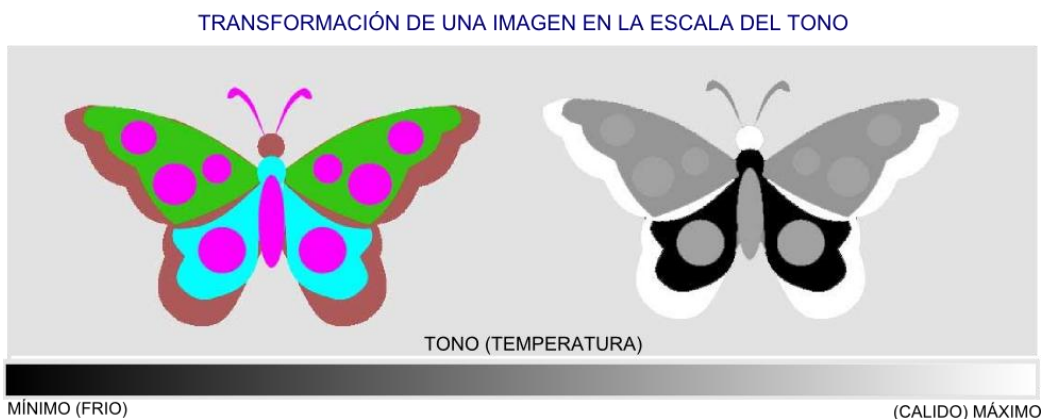


Figura 441

6.2.12. EL PESO EN LA IMAGEN VISUAL REAL

Nuestra imagen visual real no es igual que una imagen digital plana, nuestra imagen visual es tridimensional y dinámica en el tiempo, es decir percibimos la profundidad en el espacio y el movimiento. Esto hace que el peso visual de la imagen real aumente su rango de variabilidad, aparte de la variabilidad debida a la segregación fondo-figura. Con el fin de entender como estas características hacen variable el peso de la imagen visual, en un primer lugar vamos a analizar la apariencia de los objetos tridimensionales y posteriormente estudiaremos el movimiento.

6.2.12.1. La apariencia de los objetos tridimensionales

Los objetos en los que prestamos nuestra atención son tridimensionales y con unas cualidades aparentes definidas. Estos tienen una forma o estructura volumétrica tridimensional y unas cualidades de apariencia que definen sus diferentes superficies.

En torno a la forma tridimensional global debemos tener en cuenta ciertas consideraciones al introducir el concepto de peso visual en la espacialidad y la profundidad, tal y como explicamos en (5.3↔5.4.3↔6.2.12.1). Dado que la fuerza del peso visual, se atribuye exclusivamente a la cantidad de luz que nos transmiten los objetos de la escena, esta no entiende de distancias. Por lo que los tamaños son relativos al marco de la imagen y no relativos a sus diferentes profundidades tal como los asimilamos nosotros gracias a nuestras herramientas perceptivas. Por lo tanto, los tamaños en el peso visual son los que aparecen directamente en la imagen. En el caso, de que la perspectiva deforme mucho el objeto, entonces el peso visual atenderá a la figura deformada, es decir a la imagen exclusivamente, y no a nuestra percepción de ella. Por esta razón, es mejor utilizar perspectivas donde los diferentes volúmenes del objeto aparezcan equilibrados y menos deformados en la imagen, de tal forma que imagen visual e imagen perceptual estarán más próximas.

En cuanto, a la apariencia superficial, primeramente observamos que las superficies planas de los objetos tridimensionales suelen variar el color en función de su orientación a la luz. Al observar un objeto tridimensional pigmentado de un solo color vemos que suele presentar una densidad heterogénea en sus diferentes caras debido a que la direccionalidad de la luz no suele ser homogénea (Figura 435). En estos casos, la figura global del objeto se configura por varias formas y diferentes colores, por lo tanto su peso se establece como la suma de la densidad de cada forma en relación a su área correspondiente, y respecto de su fondo. Aunque el cubo presenta diferentes tonalidades visuales nosotros lo percibimos y esquematizamos como un objeto de un solo color debido a la acción de la constancia perceptiva, de igual forma el fondo al interactuar nos da una referencia de la luminosidad de la escena, por lo que lo esquematizaremos con una mayor o menor intensidad de la que vemos, en función de esta interacción. Por lo tanto el proceso de reducir el peso visual del objeto a un solo valor es análogo al realizado por nuestro cerebro al establecer un solo color mental para dicho objeto.



Figura 442

Por otro lado, podemos encontrarnos con objetos tridimensionales sin aristas (5.1.2.8↔5.3.4.5↔6.2.12) donde su color varía a lo largo de su superficie (Figura 442). Como podemos comprobar los tres colores seleccionados de la esfera son diferentes y aportan tres densidades diferentes. En este caso, nos encontramos ante una degradación de color. Un degradado puede ser de diferentes tipos (5.3.4.3) según sus factores de dirección, su función de grado y sus posibles combinaciones (Figura 442). El cálculo del peso visual de un objeto con superficies curvas se establece obteniendo el valor ponderado de cada uno de los degradados que rellenen su figura.

Otra cualidad de la apariencia de ciertas superficies es la textura (5.1.2.9↔5.3.7.2↔5.4.3.3↔6.2.12.1). Podemos encontrarnos con texturas totalmente homogéneas, texturas semi-homogéneas y texturas heterogéneas (Figura 443).



Figura 443

Para determinar el peso de una textura homogénea se debe seleccionar el patrón base y calcular su peso respectivo, siendo este el que se asignara a toda la superficie. El patrón base de una textura es la unidad superficial mínima por la cual a partir de su repetición se forma la textura. Las texturas heterogéneas es mejor estudiarlas como si fueran una sola imagen, ya que su heterogeneidad puede hacernos errar en el cálculo de su peso visual. En el caso de las texturas tridimensionales, es decir las que tienen relieve, debemos de tener en cuenta que crean sombras propias que modifican sus colores y por lo tanto sus densidades. En general, las sombras oscurecen la imagen y aportan contraste. Las texturas en superficies que se desarrollan hacia la profundidad no se ven regulares, sino que forman degradados formales. Por lo tanto, su variación se tratará de la misma forma que los degradados de color.

En el caso de las diferentes cualidades de apariencia o Cesías³²⁴ como recordamos se hace necesario el reconocimientos de signos para detectarlas. No obstante, dado que lo que nos interesa es el peso que obtenemos a través de estas apariencias, en principio el hecho de que no exista reconocimiento, no influye en su peso. Sin embargo, más adelante veremos cómo estas cualidades al ser tan cambiantes ofrecen una gran variabilidad en el peso visual cuando existe movimiento.

Como vimos las cesías pueden ser; transparentes, translucidas, brillantes y/o especulares (5.4.3.4↔6.2.12.1) con diferentes índices de refracción³²⁵. Un objeto totalmente transparente tiene un peso visual nulo, ya que no podemos verlo, para detectar un objeto transparente necesitamos algún signo de su existencia como por ejemplo ciertas manchas o suciedad sobre este. En general un objeto según va perdiendo opacidad va perdiendo peso. Cuando el objeto es semitransparente y más oscuro que el fondo, su densidad máxima es la del color base si fuera opaco y la mínima la del fondo. Cuando el color base del objeto es más claro que el fondo, pasa al contrario.

A continuación vamos a demostrar cómo se calculan las luminosidades de objetos con diferentes cesías:

La luminosidad en superficies transparentes y translucidas

Supongamos una superficie totalmente transparente. No la veríamos.

Como sabemos; $a + r + t = 1$; Siendo; $a =$ absorptancia $= 0$, $r =$ reflectancia $= 0$, ya que nada se absorbe ni se refleja, entonces todo se transmite; $0 + 0 + t = 1$; $t = 1$

³²⁴ CAIVANO, José Luis. 1991. *Cesía: A system of visual signs complementing color*. (Color Research and Application 16 (4), p. 258-268)

³²⁵ BERNS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman's Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)

En este caso el peso visual del objeto es 0, ya que no podemos verlo, porque no refleja nada. Como ya explicamos la densidad se establece en función de la reflectancia. De todas formas no es usual encontrarnos con un objeto totalmente transparente lo normal es que un material además de transmitir, absorba algo y/o que refleje algo de luz.

Un objeto transparente nos permite ver los objetos que existen detrás de él y en la mayoría de los casos no forman un fondo homogéneo.

En el siguiente ejemplo (Figura 444) se muestra las propiedades visuales de la transparencia y la translucidez. Estos objetos posteriores pueden variar de densidades como se observa en la comparación de transparencia-translucidez.

TRANSMISIÓN EN SUPERFICIES TRANSPARENTES Y TRANSLUCIDAS



Figura 444

Aquí podemos ver diferentes fondos tras un objeto negro con el 50% de transparencia (50% de opacidad) y podemos comprobar como su luminosidad (en tanto por uno) varia (Figura 445);

LUMINOSIDADES PARA UNA FIGURA NEGRA CON 50% DE TRANSPARENCIA SEGÚN VARIA EL FONDO

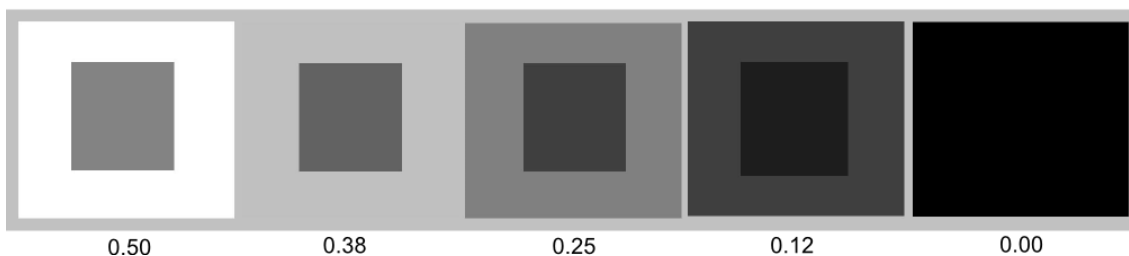


Figura 445

En un segundo lugar, podemos observar como varía el objeto cuando es blanco y tiene un 50% de transparencia (Figura 446);

LUMINOSIDADES PARA UNA FIGURA BLANCA CON 50% DE TRANSPARENCIA SEGÚN VARIA EL FONDO

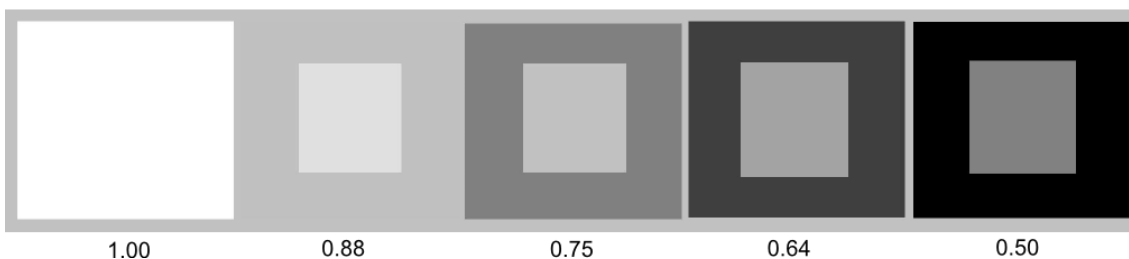


Figura 446

En general, con un fondo con luminosidades comprendidas entre 1 y 0, o sea con colores que van desde la claridad del blanco a la oscuridad del negro, las densidades del objeto semitransparente varían desde la densidad del color base hasta la amplitud que depende de su transparencia. En nuestro caso 50% de transparencia ofrece un rango de 0.5 de variación de su densidad. En el caso de un 75% de transparencia es decir un 25% de opacidad el rango cambia a 0.75 en la densidad.

Cálculo en función del % de opacidad o transparencia

Un objeto semitransparente deja el paso de luz por un lado y por otro nos refleja su color en función del grado de opacidad/transparencia. Por lo tanto podemos establecer una escala entre opacidad y transparencia definida por el grado de opacidad (O) y/o transparencia (T). Expresado en tanto por uno; $O + T = 1$

Un objeto 100% opaco → 0% transparente → $O + T = 1$; $O = 1$

Un objeto 100% transparente → 0% opaco → $O + T = 1$; $T = 1$

Un objeto semi-transparente 40% transparente y 60% opaco → $O + T = 1$; $0.4 + 0.6 = 1$

Función de la opacidad; Dado un fondo de luminosidad (Lf) con un objeto translucido sobre este de luminosidad base o 100% opaca (Lb) su luminosidad en la imagen (Lt) queda establecida en función de su opacidad (O) por;

$$Lt = Lf + [(Lb - Lf) \times O]$$

Función de la transparencia; Dado un fondo de luminosidad (Lf) con un objeto translucido sobre este de luminosidad base o 100% opaca (Lb) su luminosidad en la imagen (Lt) queda establecida en función de su transparencia (T) por;

$$Lt = Lf + [(Lb - Lf) \times (1 - T)]$$

La luminosidad se puede expresar en rango de 0 a 100 o de 0 a 1, nosotros lo haremos de la segunda forma.

Ejemplo 1: Figura negra sobre fondo blanco con diferentes tantos por ciento de opacidad (Figura 447).

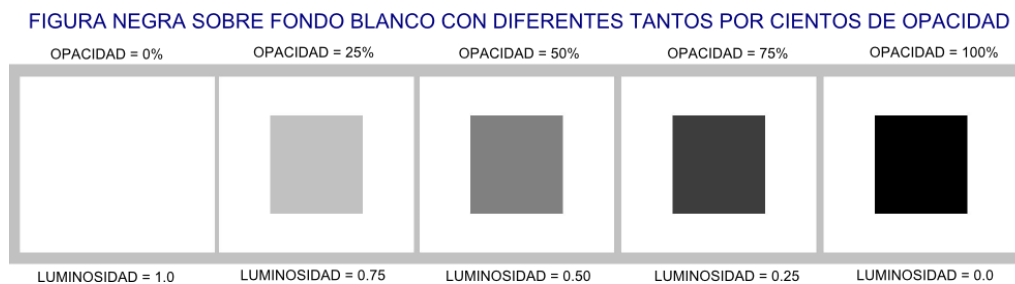


Figura 447

Ejemplo 2: Figura negra sobre fondo gris (L=0.5) con diferentes tantos por ciento de opacidad (Figura 448).

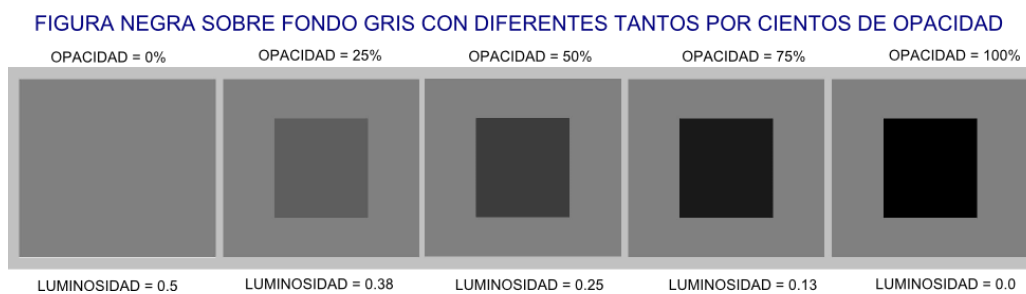


Figura 448

Ejemplo 3: Figura blanca sobre fondo gris (L=0.5) con diferentes tantos por ciento de opacidad (Figura 449).

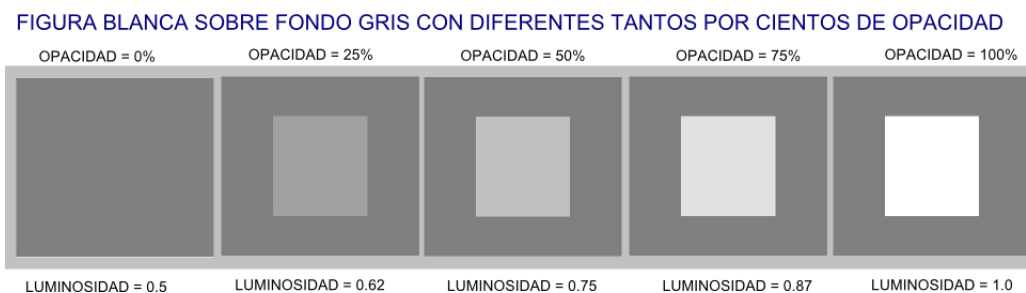


Figura 449

Ejemplo 4: Figura blanca sobre fondo negro con diferentes tantos por ciento de opacidad (Figura 450).

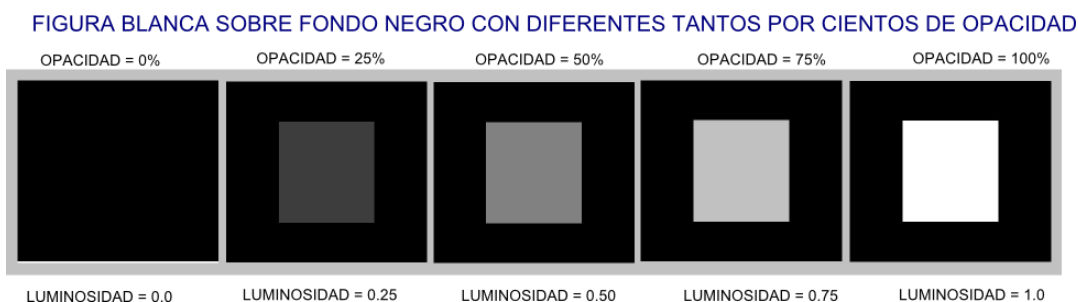


Figura 450

Como podemos observar la luminosidad queda establecida siempre entre la luminosidad del fondo y la luminosidad base al 100% de opacidad.

Cuando el color base del objeto semitransparente es más oscuro que el fondo (Figura 440 y 441) según se hace más transparente va aumentando su luminosidad, siendo su luminosidad máxima la del fondo y la luminosidad mínima la del color la figura opaca.

Por otro lado, cuando el color base del objeto semitransparente es más claro que el fondo (Figura 442 y 443), pasa al contrario según se hace más transparente va descendiendo la luminosidad, siendo su luminosidad la de la figura opaca y la mínima del fondo.

En el caso de varios objetos semitransparentes como es el ejemplo siguiente aparece una doble transparencia en el medio (Figura 451):

LA DOBLE TRANSPARENCIA



Figura 451

En primer lugar se calculan las transparencias simples sobre el fondo común negro;

Fondo negro $L_f = 0$

Cuadro Gris claro \rightarrow blanco $L_b = 0$ al 50% de $O \rightarrow L_1 = 0.5$

Cuadro Gris oscuro \rightarrow gris $L_b = 0.27$ al 50% de $O \rightarrow L_2 = 0.13$

Luego la transparencia doble sabiendo que el cuadro de la derecha se superpone sobre el de la izquierda, siempre aplicando; $L_t = L_f + [(L_b - L_f) \times O]$ tenemos;

Fondo Gris claro $L_f = 0.5$

Cuadro Gris intermedio \rightarrow gris $L_b = 0.27$ al 50% de $O \rightarrow L_3 = 0.38$

Aunque la translucidez y la transparencia son visualmente diferentes, ya que la transparencia deja reconocer la imagen y la translucidez no. Podemos establecer que un objeto translucido con el mismo tanto por ciento de opacidad que uno semitransparente aporta el mismo peso visual a la imagen, ya que el peso depende de la cantidad de luz y no del reconocimiento visual.

La luminosidad en superficies especulares y brillantes

Por otro lado, el peso de un objeto totalmente especular para un escenario homogéneo es también nulo ya que lo refleja totalmente. En este caso aparece una imagen monocromática o mostrando una textura regular. Sin embargo, cuando la escena nos es homogénea entonces el objeto adquiere el peso del fondo simétrico, ya que la cualidad espacial de la reflexión especular es reflejar el lado opuesto de la escena de forma simétrica al punto de vista.

Al igual que existen objetos semitransparentes o translucidos, también existen objetos semi-especulares (5.2.2.3 ↔ 6.2.12.1) y pueden ser de tres tipos:

- De *reflexión mixta*, es decir, difusa más especular. Son aquellos objetos opacos que podemos ver su color y a la vez nos aportan brillo.
- De *refracción-reflexión especular* que son aquellos objetos que son transparentes y especulares a la vez.
- De *refracción-reflexión mixta* que son aquellos objetos translucidos (transparentes + difusos) y especulares a la vez.

Tanto en la reflexión mixta como en la transparencia, la reflexión especular se suele anteponer a la reflexión difusa creando lo que denominamos como brillo, ya que la luz reflejada especular suele tapar al color (Figura 452a). Por lo tanto, podemos decir que el brillo de un objeto refleja especularmente parte de la luz que lo ilumina. En estos objetos en

general, según va aumentando la especularidad va disminuyendo el color difuso, por lo tanto el objeto va adquiriendo luminosidad. Pero al igual que en el caso de la transparencia, podemos establecer que las densidades del objeto brillante varían desde la densidad del color difuso hasta la amplitud de la especularidad que depende de su tanto por ciento. El vidrio de una ventana es un buen ejemplo de un material que puede ser transparente y especular a la vez (Figura 452b). También podemos encontrarnos con vidrios coloreados donde podemos experimentar la refracción-reflexión mixta como vemos en el ejemplo (Figura 452c).

DIFERENTES CESÍAS EN EL ESTUDIO DEL PESO VISUAL



Figura 452

Supongamos una superficie totalmente especular. No la veríamos. Como sabemos; $a + r + t = I$; Siendo; $a =$ absorptancia $= 0$, $t =$ transmitancia $= 0$, ya que nada se absorbe ni se transmite, entonces todo se refleja; $0 + r + 0 = I$; $r = I$

Pero además la reflexión en este caso es 100% especular y 0% difusa. Nosotros vemos los colores debido a la dispersión de la luz (*light scattering*) de la reflexión difusa, entonces ¿qué es lo que vemos cuando nos fijamos en una superficie especular?

No vemos la superficie en sí misma, lo que vemos son los colores y formas de los objetos externos reflejados en la superficie especular. En el esquema podemos ver un ejemplo de la reflexión en una superficie especular. En general tanto en vidrios transparentes como en espejos necesitamos de signos para detectar su presencia ya que no son visibles. Estos signos son principalmente los marcos tanto de ventanas como de espejos, sus cantos, los brillos superficiales e incluso las pequeñas suciedades e impurezas (Figura 453a) como vemos en el ejemplo que se muestra en la imagen siguiente.

SIGNOS EN UNA SUPERFICIE TRANSPARENT



ILUSIÓN DE ESPECULARIDAD



Figura 453

Tal y como vimos, la diferencia entre un elemento transparente y uno especular es que mientras el transparente tiene la cualidad de mostrar el espacio y objetos posteriores, el especular muestra el espacio y los objetos anteriores, o sea refleja un espacio de forma simétrica, como vemos en el engaño de la paradigmática escena de *Sopa de ganso* de los Hermanos Marx (Figura 453b).

Reflexión mixta

La reflexión mixta es como la semi-transparencia con la diferencia que en vez de un fondo de imagen, existe un color de objeto al que se le superpone parcialmente la imagen posterior reflejada especularmente.

El grado de reflexión especular depende de la función de especularidad, es decir del % de luz que refleje de forma especular. En general cuanto más pulida, lisa y homogénea sea la superficie de un objeto su brillo será mayor.

Cálculo en función del % de mate o brillo

En la reflexión mixta, se establece igualmente la relación entre especularidad y mate de la siguiente forma: $E + M = 1$

Un objeto 100% mate \rightarrow 0% brillo $\rightarrow 0 + M = 1; M = 1$

Un objeto 100% especular \rightarrow 0% mate $\rightarrow E + 0 = 1; E = 1$

Un objeto brillante 60% especular y 40% mate $\rightarrow E + M = 1; 0.6 + 0.4 = 1$

Función de la especularidad (E); Dado un objeto de color (L_o) que refleja una imagen de luminosidad (L_r) su luminosidad en la imagen (L_l) queda establecida en función de su especularidad (E) mediante;

$$L_l = L_o + [(L_r - L_o) \times E] \quad \text{para } L_r > L_o$$

$$L_l = L_o \quad \text{para } L_r \leq L_o$$

El segundo caso aparece, ya que la luminosidad no puede ser nunca menor que la que ofrece la superficie del objeto. Por ejemplo, un objeto 100% blanco, no reflejaría nada, ya que los colores más oscuros (todos los demás) no tendrían capacidad de reflejarse, incluso un brillo blanco se detectaría solo por un resplandor dentro de lo blanco, es decir un aumento en la intensidad de color. Sin embargo, un negro especular podría reflejar todo el resto de colores.

Función Mate (M); Dado un objeto de color (L_o) que refleja una imagen de luminosidad (L_r) su luminosidad (L_l) queda establecida en función de porción mate (M) por;

$$L_l = L_o + [(L_r - L_o) \times (1 - M)] \quad \text{para } L_r > L_o$$

$$L_l = L_o \quad \text{para } L_r \leq L_o$$

En la práctica, podemos decir que según va aumentando la claridad especular va tapando la oscuridad del color de la reflexión difusa, encontrándose su luminosidad máxima y mínima entre la del color reflejado especularmente y la del color difuso. Evidentemente, siempre que la luminosidad reflejada por especularidad sea menor que la reflejada por difusión, no aparecerá reflejada, ya que la segunda se impondrá sobre esta. Es decir, si el fondo es más claro, la reflexión especular no aparece (segunda parte de la función).

Ejemplo 1: Reflexión blanca sobre fondo negro con diferentes porcentajes de especularidad (Figura 454).

REFLEXIÓN MIXTA DE LUZ BLANCA SOBRE SUPERFICIE NEGRA CON VARIACIÓN DE LA ESPECULARIDAD

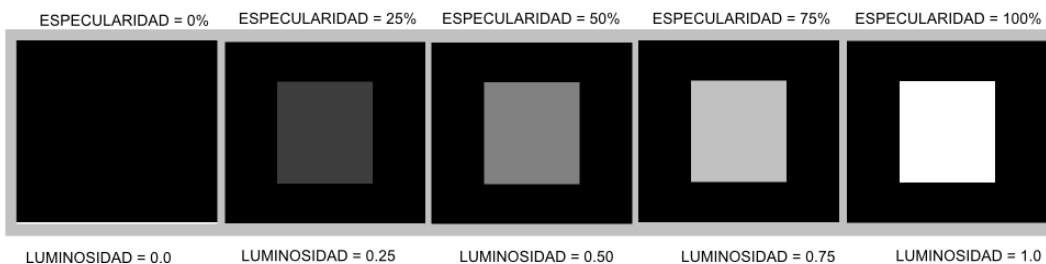


Figura 454

Ejemplo 2: Reflexión roja (L=0.5) sobre fondo negro con diferentes porcentajes de especularidad (Figura 455).

REFLEXIÓN MIXTA DE LUZ ROJA SOBRE SUPERFICIE NEGRA CON VARIACIÓN DE LA ESPECULARIDAD

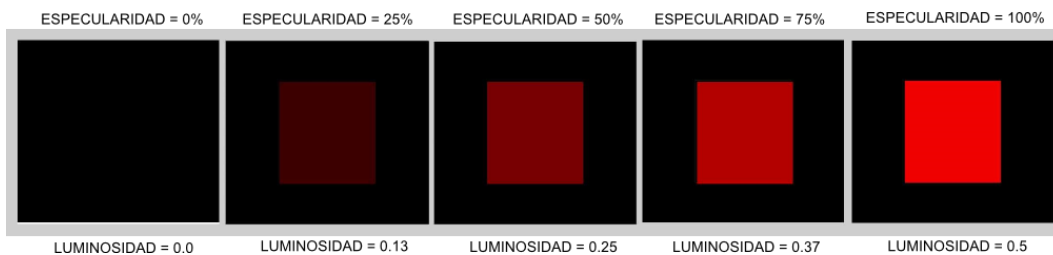


Figura 455

Ejemplo 3: Reflexión blanca sobre fondo gris (L=0.5) diferentes porcentajes de especularidad (Figura 456).

REFLEXIÓN MIXTA DE LUZ BLANCA SOBRE SUPERFICIE GRIS CON VARIACIÓN DE LA ESPECULARIDAD

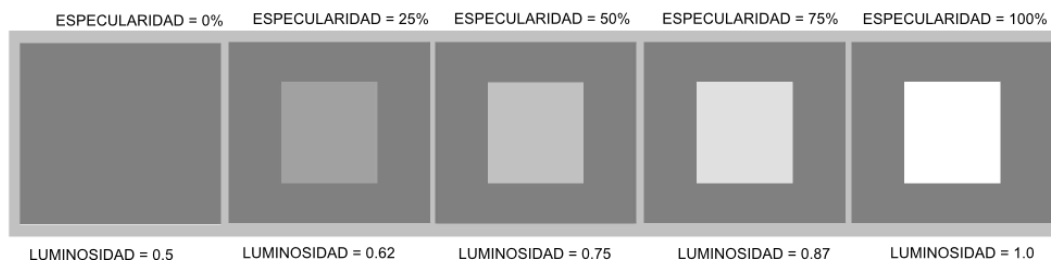


Figura 456

Figura y Fondo complejos

Por otro lado, cuando la figura tridimensional está formada por varias figuras u objetos se debe conceptualizar el conjunto como una sola figura compleja sobre un mismo fondo.

De igual forma que la apariencia de una figura puede ser compleja, existen ocasiones donde el fondo también lo puede ser, es decir puede estar formado por diferentes formas con diferentes colores (Figura 457). Por lo tanto, en este caso se actuaría de igual forma que en los casos anteriores pero en esta situación para asignar el valor del fondo.

PROCESO DE APLICACIÓN DEL PESO VISUAL A UNA FIGURA CON UN FONDO HETEROGÉNEO



Figura 457

Resumiendo este punto podemos decir que; las cualidades de apariencia son las responsables de aportar el peso a los objetos que aparecen en nuestra imagen visual, por lo que un mismo objeto con diferente color, textura o Cesía aportará diferentes pesos en función de cómo varíen estas cualidades. A la hora de estudiar el peso visual parcial de una imagen debemos operar de la misma forma que en nuestros procesos de atención. Debemos designar el carácter de figura al objeto tridimensional con la apariencia concreta que queremos analizar y el resto de la imagen debemos darle el carácter de fondo. Una vez realizada la selección, primeramente se debe calcular el peso integral del fondo para asignarle el valor parcial nulo. En función de este valor podemos obtener las densidades parciales de las diferentes formas que componen la figura y su CG (Figura 458).

EL PESO VISUAL DE UNA FIGURA CON FONDO DUAL

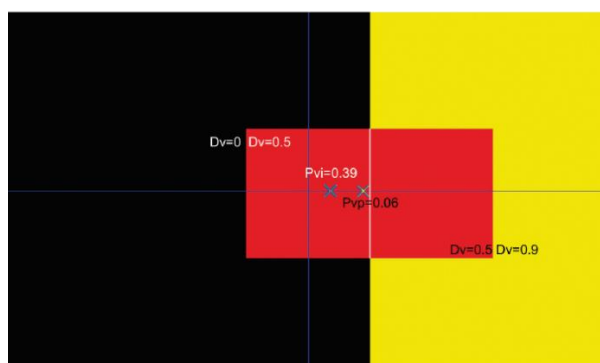


Figura 458

Cuando el fondo es variable entonces el peso de la figura varía dependiendo de cómo el fondo varía. Por ejemplo, para una figura plana roja en un fondo dual dividido entre negro y amarillo, la parte de la figura que interactúa con el negro adquiere mayor peso que el área que interactúa con amarillo (Figura 458) y esto influye en la posición del CG en la figura. Esta cuestión la trataremos detenidamente más adelante.

6.2.12.2. Variabilidad debida al movimiento

El tiempo provoca que los acontecimientos cambien y con ello nuestra imagen visual. En esta dimensión es donde aparece la variabilidad. Por lo tanto el tiempo es la dimensión donde se modifica la segregación fondo-figura, es donde se produce el cambio de apariencia y donde aparece el movimiento, que es lo que vamos a estudiar a continuación.

Como ya explicamos el peso visual depende tanto de la densidad que nos aporta el color como el tamaño que nos ofrece su forma, entonces la variabilidad de cualquiera de estas cualidades afectará al cambio de su peso, tal y como se muestra en estas simples imágenes (Figura 459) para diferentes tiempos "t".

VARIACIÓN DE LA LUMINOSIDAD Y DEL TAMAÑO EN EL TRASCURSO DEL TIEMPO

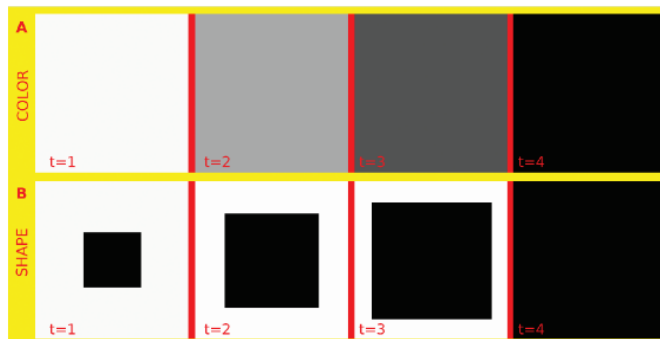


Figura 459

Podemos establecer que existen tres factores que influyen en la modificación del color y de la forma en nuestra imagen visual. Estos son debidos al cambio de la fuente de luz, al cambio en el objeto y al cambio del punto de vista del observador (5.4.4.4↔6.2.12.2). La luz o luces que iluminan la escena pueden variar de intensidad, de tono, de posición, de tipo y/o de combinación. El movimiento del objeto puede ser debido a que este cambie su posición, a que cambie su forma o a que cambie alguna de sus cualidades de apariencia, mientras que el punto de vista del observador generalmente provoca un cambio del marco y por tanto de la totalidad de la imagen. Evidentemente, varios de estos cambios pueden aparecer simultáneamente lo que añade una gran complejidad a la variabilidad.

Para imágenes donde se mantiene el punto de vista del observador, es decir donde el marco sobre el escenario es fijo, aparecen dos conceptos entorno al peso visual:

Amplitud de peso

Es la diferencia entre el peso mínimo y el peso máximo de una imagen visual en un escenario dado y con una localización concreta debido a cambios de la luz y de movimiento en la figura.

Para un escenario integral dado que toda la imagen actúa como figura, extraemos los pesos máximos y mínimos para el rango de tiempo establecido en el estudio.

En un escenario parcial donde seleccionamos una figura debemos diferenciar cuando el valor del fondo es igual para todo el rango temporal y cuando el fondo cambia de valor. En el primer caso la amplitud de peso será la que crean los pesos parciales máximo y mínimo de la figura. En el segundo caso, aparte de analizar exclusivamente la variabilidad del peso de la figura, podemos analizar la variabilidad de la figura en función de la variabilidad del fondo.

La envolvente del peso

Este concepto hace referencia al dinamismo del CG sobre la imagen visual en función del paso de tiempo. Por lo tanto, la envolvente del peso se configurará como el área que ocupa todas las posiciones que adopta el CG para un rango de tiempo determinado.

Por otro lado, también se puede estudiar la variabilidad incluyendo el movimiento del punto de vista o del marco sobre el entorno. Un estudio interesante es analizar cómo cambia el peso de un objeto estático tridimensional según la imagen visual se mueve en torno a este.

6.2.13. *EL PESO PERCEPTUAL*

Como vimos una acción sensorial, generalmente está asociada a una reacción perceptual. De hecho, la sensación de peso visual está ligada totalmente a la percepción de gravedad. Según Wucius Wong³²⁶ la gravedad se presenta como uno de los elementos básicos de relación; “*La sensación de gravedad no es visual sino psicológica. Tal como somos atraídos por la gravedad de la Tierra, tenemos tendencia a atribuir pesantez o liviandad, estabilidad o inestabilidad, a formas o grupos de formas individuales*”.

En general, una reacción perceptual puede ser neutra respecto de la acción sensorial o puede modificarla hacia alguno de sus polos; puede amplificarla es decir puede potenciarla, o lo contrario, puede dar una respuesta inversa y reducirla o incluso cambiarla de polaridad. Por otro lado, la neutralidad es muy habitual, es decir que la acción perceptual no cree efecto directo o consciente (siempre hay un efecto indirecto) sobre la acción sensorial debido a que el significado perceptual no tenga correlación directa con la acción sensorial. Por ejemplo, al observar el tomate rojo que pusimos como ejemplo al comienzo de este tema (Figura 416), puede darse el caso de que la percepción que tengamos de este, sea exclusivamente en relación con su frescura y su sabor, por lo que la acción sensorial de su peso en principio no se ve modificada directamente por la reacción perceptual, y en este caso, la acción sensorial está actuando de forma indirecta o no consciente a través del conjunto global de la imagen visual.

Por lo tanto, podemos distinguir la sensación, de la percepción de la siguiente manera; el peso perceptual de un objeto en una imagen es el peso con referencia al significado que este nos aporta, mientras el peso visual es el peso de una forma visual con relación a la globalidad de la imagen visual en la que se enmarca, tal y como hemos visto en el desarrollo de este tema.

Dentro de los diferentes tipos de pesos perceptuales, podemos encontrar *el peso perceptual físico*. Como vimos al comienzo de este tema este peso es el peso mental que se le atribuye a un objeto que aparece en nuestra imagen visual. En este caso, la referencia es al significado de su peso físico.

En este caso, si se produce una modificación de la acción sensorial de peso. En el ejemplo planteado al comienzo del tema sobre el peso de la madera nos puede servir para ejemplificar este concepto: Una madera oscura de roble, nos parecerá más pesada que una madera clara aglomerada (Figura 415), y en los dos casos reconocimiento y acción van en el mismo sentido, por lo que se amplificaran. Es decir, el color oscuro de la madera de roble sobre un fondo claro, provoca un contraste mayor que la madera clara sobre el mismo fondo claro. Por lo tanto, en este caso lo oscuro pesa más que lo claro y además sabemos que lo oscuro físicamente pesa más, por lo que se amplifica. Sin embargo, si alguien nos dice que la madera que hemos reconocido como de roble, no es tal, sino que es un plástico de baja densidad de imitación, entonces todo cambia. A parte de otras percepciones relacionadas con la falsedad y la mentira, tal y como explicamos. El peso perceptual físico, cambia radicalmente, hasta cambiar de polaridad. Es decir, en este momento la madera aglomerada pasa a pesar más que la madera falsa, a pesar de que cree un menor contraste visual, debido a que el peso

³²⁶ WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

perceptual se sobrepone sobre el visual.

Luego, existen multitud de objetos creados por ciertos grupos, comunidades o culturas, que otras desconocen, y por lo tanto, para estos no pueden llegar a alcanzar el mismo peso perceptual. Por ejemplo, si nos vamos en busca de una tribu perdida del Amazonas y les enseñamos la foto de una plomada (Figura 422), como nunca la han visto, no la reconocerán y su aspecto luminoso y brillante, les provocara sensaciones de levedad.

Otro ejemplo de una figura cultural con un peso perceptual relativo, puede ser un crucifijo, donde para una persona que profese la religión católica puede contener un peso simbólico y perceptual alto (Figura 460), mientras que para una persona que desconozca este símbolo, puede ser interpretado como un objeto liviano, debido a que su figura se muestra como un elemento ascendente según su direccionalidad y a que su energía potencial visual se encuentra en un punto elevado de la figura.

Dentro del peso perceptual simbólico, también podemos encontrar signos relacionados con el significado de peso, es decir algo que empuja inevitablemente hacia abajo. Como por ejemplo, los símbolos de justicia o de ley (Figura 460), donde la justicia intenta realizar un equilibrio ante los diferentes pesos, o el de ley donde todo el mundo conoce la frase, *el peso de la ley* haciendo referencia a la condena de la que no se puede escapar y que se ve reflejada simbólicamente por el peso del mazo del juez.

LA RELATIVIDAD DEL PESO PERCEPTUAL EN DIFERENTES OBJETOS



Figura 460

Luego, están los pesos perceptuales personales y subjetivos de cada individuo, por ejemplo la imagen de una calculadora puede transmitir un gran peso, para un estudiante ante un examen de matemáticas (Figura 460). De igual forma el peso de una responsabilidad personal puede afectar de gran manera, por ejemplo la foto de un bebe al ser mirada por un padre adolescente. Como podemos observar, estos objetos no necesitan de nada en su entorno para transmitir su significación, mientras que el peso de una figura sin fondo no tiene sentido, de hecho no existe.

Para ejemplificar, el concepto de peso simbólico y mostrar como interaccionan peso visual y perceptual, vamos a recurrir al ejemplo que muestra Arnheim en relación al cuadro de *San Miguel pensando almas*³²⁷, la forma en la que el peso espiritual representado por un elemento visual pequeño (un frágil figurita desnuda) y con poco contraste, puede ayudarse para contrarrestar el peso de un grupo de tamaño más grande y contrastante (demonios grandes y dos ruedas de molino) es utilizando en la composición un manchón oscuro y de gran contraste debajo esta figurita, transmitiendo de esta forma un empuje visual hacia abajo en ese lugar y en consecuencia, una sensación visual de mayor peso, proporcionando sostenibilidad a la intención significativa del cuadro.

Por otro lado, también existe el peso y el equilibrio en los esquemas mentales que creamos, tanto de objetos

³²⁷ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma). Pág.35.

bidimensionales como de objetos tridimensionales. Por ejemplo, hablando del ámbito arquitectónico en torno a la doble axialidad propuesta por Le Corbusier, Ludovico Quaroni³²⁸ comenta;

“ Tal axialidad se refiere a un recorrido rectilíneo, al fondo y a los lados del cual se distribuyen “pesos” arquitectónicos simétricos, sin embargo de restablecer respecto al eje mismo, una especie de sistema “equilibrado” en el sentido de que el desequilibrio de una masa-edificio es compensado por otra masa colocada al lado del eje, en el lado sobre el que descansa la porción menor de la masa dominante.

Como en el caso del equilibrio entre las fuerzas hay una distancia (brazo) y una dimensión (peso) de cada uno de los volúmenes en composición, además de una dirección”.

Cuando los escenarios arquitectónicos y urbanos se entienden como el lugar donde suceden los acontecimientos, tal y como comenta Javier Seguí De La Riva en el prólogo al libro *La unidad temática* de Joaquín Casado³²⁹;

“La ciudad es entendida hoy por muchos como un crisol de relatos, como un conjunto de fondos (decorados) donde se han desarrollado y desarrollan acciones sociales que se pueden contar. También la arquitectura es un fondo de figuras narrativas. Entendida así la ciudad (y la arquitectura) en ellas sólo serían percibibles las partes de las que se puede hablar y en la medida en que den de hablar.

El resto permanecería invisible”

Entonces, la ciudad como decorado hace de fondo, y como sabemos el fondo no tiene peso. En la segregación figura-fondo, el fondo interacciona con la figura, dejándole mostrar su contraste, por lo tanto estos acontecimientos se mostraran con una presencia más fuerte cuando el contraste con el decorado urbano sea mayor.

6.2.14. EJEMPLO DE CÁLCULO DIRECTO SOBRE UN PARAMENTO VERTICAL

A continuación nos vamos a aproximar al cálculo de un paramento real, en concreto una pared de la cafetería del Instituto Cartuja de Granada, utilizando el métodos directo para una imagen integral mediante tablas del sistema NCS³³⁰:

El estudio se realiza para un instante determinado por lo que no se tendrá en cuenta la variabilidad de cambio de intensidades, sombras y brillos.

El sistema NCS (Natural Color System) crea una relación directa entre el factor de reflectancia luminosa del color y la luminosidad de este. Ya que se ha establecido experimentalmente que los colores de igual luminosidad también tienen aproximadamente el mismo factor de reflectancia luminoso medidos instrumentalmente.

Los conceptos desarrollados por NCS son los siguientes:

NCS luminosidad

Una notación NCS describe la apariencia de un color. Sin embargo, en relación a las diferencias de apariencia el contraste entre colores también depende de las diferencias de luminosidad que existe entre ellos, como se indica mediante las notaciones NCS. Por ejemplo, en una serie de tonos de gris, entre el blanco y el negro, uno se puede ver

³²⁸ QUARONI, Ludovico. 1987. *Proyectar un edificio. Ocho lecciones de arquitectura*. (Madrid: Xarait Ángel Sánchez Gijón (trad.) Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura, Milán: Gabriele Mazzotta (ed.), 1977). Pág.156

³²⁹ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2006. *La unidad temática*. (Granada: Editorial Universidad de Granada). Prólogo: *Diálogo sobre la Comprensión de la Ciudad*. Autor: Javier Seguí De La Riva

³³⁰ SCANDINAVIAN COLOUR INSTITUTE. 1996. *NCS. Lightness Meter*. (Stockholm, Sweden: Scandinavian Colour Institute)

cómo semejante al negro (oscuridad s) y diferente del blanco (blancura w). La luminosidad L de una muestra de color se determina por comparación con una escala de referencia que consiste en muestras de color de grises puros. Estos van desde el blanco W (luminoso) a negro S (el más oscuro).

El procedimiento para determinar la luminosidad de una muestra de color consiste simplemente en la comparación de borde con borde con las muestras de grises de la escala de luminosidad. Donde el contraste es menor (es decir, donde la frontera de línea es lo menos distinta), la muestra de color es de la misma luminosidad que la muestra de color gris en la escala de referencia.

Se ha establecido experimentalmente que los colores de igual luminosidad también tienen aproximadamente el mismo factor de reflectancia luminoso medidos instrumentalmente (Yl).

NCS L_N número de luminosidad

En el NCS, los colores entre el blanco y el negro se anotan de acuerdo con su negrura s en una escala de 0-100. (Cabe señalar que la negrura es también parte de la notación de color NCS de colores cromáticos).

La luminosidad de un color está anotada con el número L_N de luminosidad en una escala que va de 0 - 1. Negro se le da la notación $L_N = 0.0$ y blanco $L_N = 1.0$.

La relación entre el número NCS de luminosidad L_N y el factor de reflectancia luminosa instrumentalmente registrado (Yl), según CIE 1931, es descrito por la siguiente fórmula.

$$L_N = Yl / (Yl + 56) \quad \text{e inversamente; } Yl = 56 L_N / (1.56 - L_N)$$

Medidor de luminosidad NCS

Consiste en 18 muestras de color gris de la recogida de muestras de colores NCS. Estos han sido dispuestos de acuerdo a su número de luminosidad L_N en una serie de pequeños agujeros con un borde recto hacia la parte abierta del agujero. Cuando el medidor se coloca en la parte superior de una muestra de color su número de luminosidad L_N el factor reflectancia luminosa Yl se corresponde a la de la muestra de gris con el que alcanza al menos el límite distintivo (menos contraste).

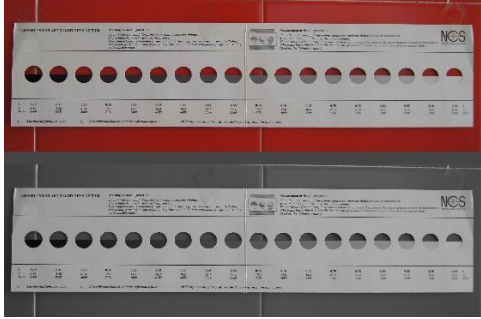

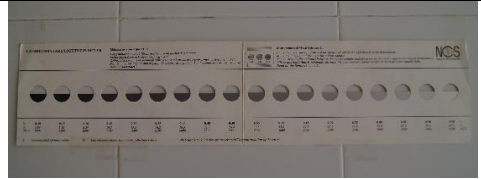
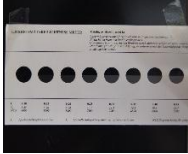
Una tabla con el número de luminosidad L_N y el factor de reflectancia luminosa Yl de todas las muestras de color en el SIS NCS Colour Atlas se pueden pedir al Instituto Color escandinavo.

Por lo tanto, utilizando el medidor de luminosidad de NCS pasamos a calcular el peso visual de la composición de la pared (Figura 461).



Figura 461

En primer lugar obtenemos las luminosidades L_N por comparación directa, siendo:

COLOR	LIGHTNESS L	FOTO COMPARACIÓN
Rojo	0,45	
Amarillo	0,50	
Blanco	0,85	
Negro	0,10	

No obstante, se recomienda utilizar el colorímetro portátil NCS (*NCS Colour Scan 2.0*) y trabajar con el *Navigator* de la página web de NCS.

Al rectángulo que forma la pared le asignamos la amplitud de nuestra imagen visual. Sus dimensiones reales son longitud 535cm y altura 280 cm.

$$S = 535 \times 280 = 149.800 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{unidad de la imagen visual} \rightarrow 1$$

Calculo de la luminosidad de la imagen

$$\text{Rojo} = 140 \times 140 \times 0,45 = 8.820$$

$$\text{Amarillo} = 40 \times 200 \times 0,5 = 4.000$$

$$\text{Blanco} = 233,5 \times 20 \times 20 \times 0,85 = 79.390$$

$$\text{Negro} = 72 \times 20 \times 20 \times 0,1 = 2880$$

$$\text{Luminosidad Total} = 95.090 \rightarrow \text{Luminosidad media (fondo)} = 95.090 / 149800 = 0.6348$$

Lo que nos dice que la composición tiene una luminosidad media-alta, adecuada para la función que cumple.

Calculo del peso relativo de la imagen

$$\text{Rojo} = 140 \times 140 \times (0,6348 - 0,45) = 140 \times 140 \times 0,1848 = 3622,08$$

$$\text{Amarillo} = 40 \times 200 \times (0,6348 - 0,5) = 40 \times 200 \times 0,1348 = 5078,4$$

$$\text{Blanco} = 233,5 \times 20 \times 20 \times (0,85 - 0,6348) = 233,5 \times 20 \times 20 \times 0,2152 = 20056,64$$

$$\text{Negro} = 72 \times 20 \times 20 \times (0,6348 - 0,1) = 72 \times 20 \times 20 \times 0,5348 = 15402,24$$

$$\text{Peso Total} = 44159,36 \rightarrow \text{Peso relativo de la imagen} = 44159,36 / 149800 = 0.2948$$

Lo que nos dice que el peso de la imagen se encuentra un poco superior al peso relativo medio que es 0,25.

Calculo del centro de gravedad en la imagen

- El centro visual se establece en el centro de la imagen de dimensiones (535, 280), por lo tanto, en el punto; (267.5, 140)
- Las coordenadas del centro de gravedad son:

	ROJO	AMARILLO	BLANCO	NEGRO
X _{CG}	235	20	291	309
Y _{CG}	150	120	133	153
D _R	0,1848	0,1348	0,2152	0,5348
P _R	3622,08	5078,4	20056,64	15402,24

Por lo tanto;

$$X = \frac{3622,08 \times 235 + 5078,4 \times 20 + 291 \times 20056,64 + 309 \times 15402,24}{44159,36} = 261.52 \text{ cm}$$

$$Y = \frac{3622,08 \times 150 + 5078,4 \times 120 + 133 \times 20056,64 + 153 \times 15402,24}{44159,36} = 139.88 \text{ cm}$$

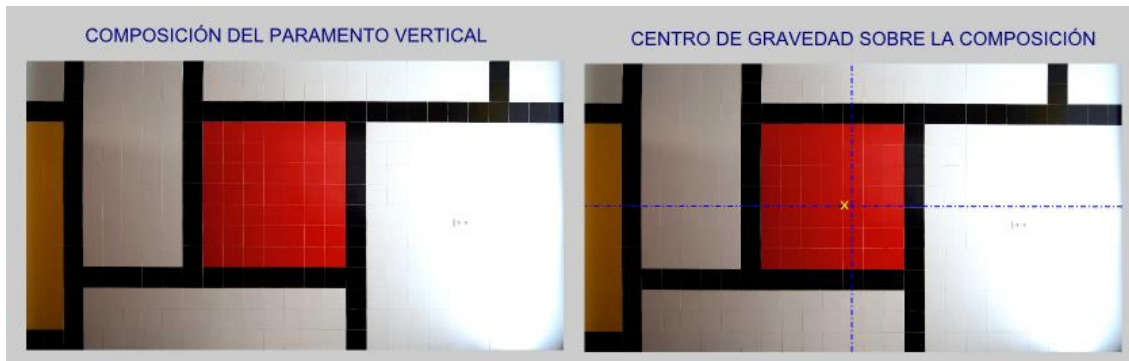


Figura 462

Lo que nos dice que la composición esta *equilibrada* (Figura 462), ya que el Centro Geométrico de la imagen (267.5, 140) está muy próximo al Centro de Gravedad de la imagen (261.52, 139.88).

6.2.15. EL PROGRAMA INFORMÁTICO PESOVISUAL (PV)

Debido a lo enredoso que pueden ser los cálculos de imágenes complejas o de gran variabilidad se ha desarrollado un programa informático al que se ha llamado "PesoVisual"³³¹. El desarrollo de este software se ha llevado a cabo gracias al trabajo realizado por el profesor de la Universidad de Granada, Javier Mateos.



Figura 463

³³¹ PARADA CASTELLANO, Raúl. 2013. *Como funciona PV* (Youtube; <https://www.youtube.com/watch?v=X7yh67O4CqQ>)

El programa trabaja utilizando imágenes rectangulares bidimensionales en color en formato digital. Para realizar los cálculos el programa asigna el valor de la escena integral y calcula automáticamente el CG visual para la totalidad de la imagen. Para calcular el peso visual parcial de una imagen, el programa permite seleccionar manualmente el fondo, también permite asignar a una parte de la imagen la condición de figura. Por otro lado, el programa ha sido implementado con la función de auto-recorte con el objeto de recortar la imagen dejándola equilibrada automáticamente. En cuanto al análisis temporal, el programa permite grabar imágenes en movimiento para ser analizadas. El programa también permite guardar las nuevas imágenes y grabar los resultados obtenidos. De esta forma, todos los cálculos de las imágenes presentadas en este trabajo han sido realizados con este software. En la imagen (Figura 463) se muestra la apariencia de este software.

Implementación del software

Esta investigación ha sido implementada en un programa informático que se ha llamado “*pesovisual (PV)*” de la siguiente forma:

1º) El programa utiliza imágenes (rectangulares bidimensionales en color) digitales fotográficas de dimensiones (longitud x anchura) en pixeles. Dando a esta dimensión el valor de 1.

2º) El programa calcula el peso visual de cada pixel de la fotografía según su eje horizontal y su eje vertical, situando el eje de coordenadas en la esquina superior izquierda.

Para calcular el peso visual obtiene la luminosidad “ L^* ” de cada pixel (obteniendo la cantidad de blanco/negro que tiene, adoptando para ello al blanco puro el valor de 1 y al negro puro el valor de 0)

Dado que cada pixel tiene el mismo tamaño; el peso del pixel “ P_{xi} ” coincide con el valor de la luminosidad “ L^* ”, por lo tanto $P_{xi} = L^*$

El peso visual de la imagen para un escenario ideal negro “ P_i ” (en tanto por uno) se obtiene sumando los pesos visuales de todos los pixeles que forman la imagen y dividiéndolos por el nº de pixeles que forman la imagen.

3º) El programa asigna automáticamente al valor de la escena o del fondo el valor del peso de la imagen “ P_i ” y obtiene el valor integral “ P_{gi} ” de la siguiente forma:

$$P_{gi} = | P_i - P_{xi} |$$

Sumando los pesos integrales “ P_{gi} ” de todos los pixeles que forman la imagen y dividiéndolos por el nº de pixeles que forman la imagen, el programa obtiene el peso visual integral “ P_v ”

4º) El programa calcula automáticamente el centro de gravedad visual; $C_v = (x_c, y_c)$

Siendo las masas P_{xi} y las coordenadas x_c e y_c el número de pixeles según los ejes x e y a partir del centro de coordenadas situado en el vértice superior izquierdo de la imagen.

5º) El programa también permite calcular el peso de una figura con un fondo determinado;

Primero, se selecciona manualmente el fondo de la figura, y se asigna el valor del pixel seleccionado i a P_i , o sea $P_{xi} = P_i$. De esta forma, cualquier pixel que tenga la luminosidad del pixel seleccionado, será igual que el fondo y tendrá un valor de 0. Dado que la figura, aparece por contraste con el fondo, esta adquirirá cierto peso sobre esta, que es el resultado que obtenemos.

El programa también permite introducir el valor del fondo manualmente, escribiendo su valor de entre 0 y 1, lo que nos permite elegir un fondo aunque no esté presente en la imagen. Esto de igual forma, nos facilita la introducción del valor de un fondo cuando es texturado.

6º) El programa también permite seleccionar una parte de una imagen, de la siguiente forma:

Se selecciona un rectángulo interior de la imagen, convirtiéndose este en la nueva imagen a calcular.

7º) El programa también recorta automáticamente la imagen con la intención de equilibrar la imagen.

Cuando la imagen esta desequilibrada, el programa tiene la opción de equilibrarla mediante el recorte de esta. No obstante, existen imágenes que para quedar equilibradas necesitan ser recortadas en gran medida, perdiéndose en consecuencia parte de la información que estas transmiten.

En la actualidad, estamos trabajando en la implementación del estiramiento de imágenes mediante la técnica de *Seam Carving*³³², lo que implicaría el equilibrio de la imagen sin recorte de información significativa sobre esta.

8º) El programa permite grabar imágenes en movimiento.

Dado que nuestra imagen visual es dinámica en el tiempo, el peso visual también lo es, y el programa permite su grabación, para el cálculo del peso sobre estas.

9º) El programa permite grabar los resultados obtenidos.

Dado que nos interesan los resultados de aplicar el peso visual, el programa nos permite guardar la información obtenida, con el objeto de analizarla y sacar las conclusiones pertinentes sobre las diferentes imágenes en estudio.

10º) El programa permite guardar las nuevas imágenes obtenidas.

Una vez obtenidos los resultados requeridos el programa nos permite guardar la imagen tratada, de tal forma que pueda ser abierta y mostrada en cualquier reproductor digital actual.

Mejoras que conlleva la utilización de PV:

La implementación del cálculo mediante el software, nos propone unas mejoras que son las siguientes;

- Tiempo en el calculo
 - El cálculo con el programa PV es inmediato, ya que el microprocesador de cualquier computadora actual, puede realizar los cálculos al instante.
 - El cálculo manual puede llegar a ser muy laborioso en función de la complejidad de la imagen a analizar, además durante el proceso se puede llegar a cometer errores.
- Muestras
 - El programa detecta directamente las luminosidades de forma digital, por lo que lo único que se requiere es realizar un balance de blancos a la hora de realizar la fotografía, o en su lugar mediante un programa de retoque fotográfico actual.
 - De forma, manual también podemos encontrarnos con superficies a las que no se puede acceder físicamente con la plantilla para tomar las muestras.

³³² AVIDAN, S; SHAMIR, A. 2007. *Seam Carving for Content-Aware Image Resizing* (Mitsubishi Electric Research Labs / The interdisciplinary Center & MERL)

- El uso de muestras impide la detección de la variación de luz, ya que la variación también actúa sobre ellas. Es decir, una muestra nos dice de qué color es una superficie, pero no nos dice las degradaciones que esta sufre debido a la heterogeneidad lumínica que actúa sobre ella.
- La apariencia de superficies
 - Las apariencias de las superficies suelen mostrar muchas veces texturas no homogéneas y diferentes cesías, las cuales son muy difíciles de calcular, algo que el programa hace directamente.
 - *Texturas*: Las texturas algunas veces muestran degradados formales y otras tienen una regularidad baja, sin embargo, dado que el programa estudia el peso visual pixel a pixel, el problema de esta medición desaparece.
 - *Cesías*: Las diferentes apariencias tanto de transmisión como de reflexión especular, necesitan de un cálculo laborioso como vimos (6.2.14). Sin embargo, al igual que las texturas el programa los calcula directamente.
- Los objetos tridimensionales y la profundidad
 - El programa no detecta ni la tridimensionalidad, ni la profundidad, por lo que debemos seguir ciertas pautas (7.2.2) para que la deformación de la perspectiva sea lo más equilibrada posible. Pero en el cálculo manual, sucedería lo mismo.
- El peso visual en el transcurso del tiempo
 - El programa nos permite tomar imágenes en movimiento y estudiar la evolución de los pesos y los centros de gravedad en el transcurso temporal.
 - De igual forma, podemos estudiar la variabilidad debida a cambios que afectan a su apariencia como: cambios en los objetos que aparecen en la composición, cambios en la luz que ilumina la escena, cambios en la posición del observador, etc.
- Operaciones con la información visual
 - Como hemos visto en las características del programa, este nos permite grabar, salvar y manipular las imágenes digitales de forma segura y eficiente. Lo que aporta una mejora en estos procesos de manipulación y de archivo.

6.2.16. EL PESO VISUAL EN LA PINTURA: CONTRASTE A LAS APORTACIONES DE ARNHEIM

En general, los estudios realizados sobre el peso y las fuerzas visuales hacen referencia a la obra pictórica realizada sobre lienzos. Para acercarnos a este tema vamos a establecer en primer lugar una relación entre cuadro artístico e imagen visual. La imagen visual en este caso quedaría delimitada por la obra artística. Por lo tanto, las dimensiones de esta quedarían determinadas por el rectángulo que enmarca la obra.

Evidentemente el peso de un cuadro puede cambiar radicalmente en función del color de la pared sobre la que se apoye. Supongamos el cuadro sin marco mitad negro y mitad blanco de la imagen (Figura 464) y veamos cómo cambia su centro de gravedad en función de si se entiende como una unidad independiente, si se entiende apoyado en una pared negra o si se entiende como apoyado sobre una pared blanca.

CAMBIO DEL PESO VISUAL Y DEL EQUILIBRIO DE UNA COMPOSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA LUMINOSIDAD DE FONDO

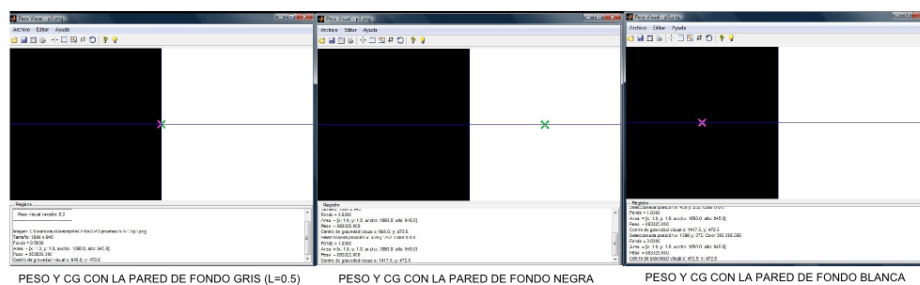


Figura 464

6.2.16.1. El cálculo del equilibrio en los cuadros

Como hemos visto, para Arnheim; *no existe método para establecer el equilibrio dada la complejidad de las imágenes que aparecen en los cuadros. Hace referencia a comprobaciones como la determinar el centro de gravedad físico con un dedo o el visual con un marco* (Denmam W. Ross³³³)

Dado que nosotros proponemos nuestro método como solución a este problema. Aplicando el software PV podemos establecer el equilibrio de imágenes complejas de forma exacta y concreta. Por lo tanto, a continuación vamos a comprobar si coinciden nuestros resultados con los análisis que Rudolf Arnheim realiza en su libro *Arte y percepción visual*³³⁴, en su capítulo primero dedicado al *equilibrio*.

6.2.16.2. Las fuerzas psicológicas

Para Arnheim; *la experiencia visual es dinámica. Lo que una persona percibe no es sólo una disposición de objetos, de colores y formas, de movimientos y tamaños. Es, quizás antes que nada, un juego recíproco de tensiones dirigidas. Esas tensiones no son algo que el observador añada, por razones suyas propias, a las imágenes estáticas. Antes bien, son tan intrínsecas a cualquier precepto como el tamaño, la forma, la ubicación o el color. Puesto que tienen magnitud y dirección, se puede calificar a esas tensiones de "fuerzas" psicológicas.*

De esta forma para Arnheim, el sentido de la vista experimenta el equilibrio cuando las correspondientes fuerzas psicológicas del sistema nervioso se distribuyen de tal modo que queden compensadas entre sí.

Las dos cualidades visuales que ejercen especial influencia sobre el equilibrio son según Arnheim: *el peso y la dirección*.

Arnheim establece que equilibrio físico es diferente del equilibrio perceptual. Encuentra paralelismo al entender el equilibrio como el estado donde existe compensación entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, al igual que al hacer referencia al concepto de centro de gravedad. Sin embargo, argumenta diferencias en torno a la posición y a la composición.

En general, las obras de arte se experimentan de forma diferente en función de la posición en la que se sitúen. La imagen visual cambia de observar un objeto vertical a observar el mismo apoyado en posición horizontal, por lo tanto al cambiar la imagen visual cambia su peso visual, como podemos ver en la imagen (Figura 465).

³³³ ROSS, Denman. W. 1933. *A theory of pure design*. (New York. 1933)

³³⁴ ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma). Capítulo 1. El equilibrio.

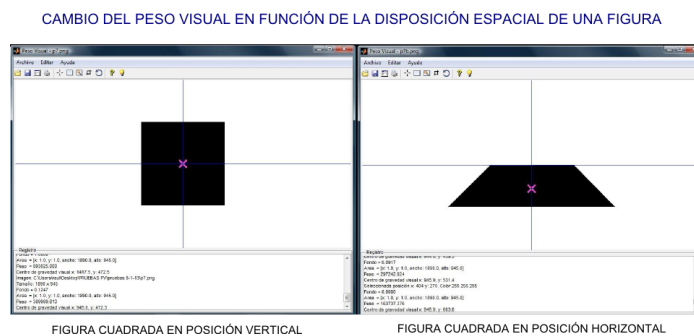


Figura 465

Por otro lado, los elementos como los colores, formas y el espacio pictórico de la composición afectan al equilibrio perceptual. Arnheim establece que; *tamaño, color o dirección no tienen paralelo físico. Los rombos de un payaso equilibrados físicamente aparecen en desequilibrio visual debido a sus colores* (Figura 466).

DESEQUILIBRIO EN UNA COMPOSICIÓN FORMAL SIMÉTRICA

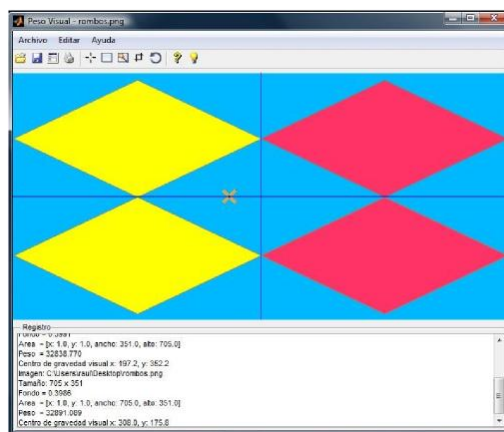


Figura 466

Como se observa en la imagen (Figura 466) los resultados de PV están en concordancia con Arnheim. Al establecer que cada color aporta una densidad, diferentes colores aportarán pesos diferentes. Por lo tanto un objeto formalmente simétrico pero con colores asimétricos no estará equilibrado como en el caso de los rombos de un payaso.

Sobre objetos tridimensionales hace referencia a la escultura; *Una escultura equilibrada visualmente algunas veces necesita de una estructura interna para ser compensada físicamente.*

En el caso de una escultura tridimensional, la forma visual de esta varía, al igual que sus sombras que van unas apareciendo y otras desapareciendo según nos movemos entorno a ella, por lo tanto al cambiar su volumen y sus densidades visuales, cambia su peso visual, mientras que su peso físico sigue siendo el mismo.

6.2.16.3. El equilibrio

Arnheim entiende la búsqueda del equilibrio como una actividad innata y natural del mundo en el que vivimos. *El desequilibrio muestra la transitoriedad. Una composición desequilibrada parece accidental, transitoria, y por lo tanto no válida. Sus elementos muestran una tendencia a cambiar de lugar o de forma para alcanzar un estado que concuerde mejor con la estructura total.*

En nuestro caso, cuando el centroide de la imagen visual coincide con su centro de gravedad visual entonces decimos que la imagen está en equilibrio.

Por otro lado, el autor aclara que, *el equilibrio no exige simetría. Con la desigualdad también se puede conseguir equilibrio, al igual que con la irregularidad.*

En la imagen (Figura 467) podemos ver como el C.G coincide con el centroide de la imagen y no es simétrica.

IMAGEN EQUILIBRADA NO SIMÉTRICA

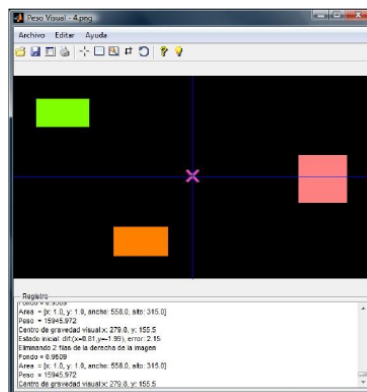


Figura 467

6.2.16.4. Otras fuerzas no gravitacionales

Para Arnheim las fuerzas no son solo un tirón hacia abajo, si no que se ejercen también en otras direcciones. Por ejemplo, a lo largo del eje que une el objeto pintado con el ojo del observador aparecen fuerzas de atracción o expulsión. Por lo que, siempre existe un efecto dinámico donde la tensión no se orienta necesariamente a lo largo de una dirección contenida dentro del plano pictórico.

Físicamente no notamos esta atracción ya que la fuerza de la gravedad es enormemente grande en comparación con la que crean los objetos con los que interaccionamos. PV no tiene en cuenta este tipo de acciones sensoriales (6.1.5) y aunque sí podemos afirmar que adquieren mayor intensidad cuando se adicionan como significantes psicológicos ya que junto con la acción de nuestra memoria pueden despertar grandes tensiones, tanto atractivas como repulsivas.

6.2.16.5. Factores que actúan sobre el peso visual

Para Arnheim en el peso influyen de diferente manera los siguientes factores:

El tamaño

A igualdad de otros factores, el objeto mayor será el más pesado.

Como ya hemos comentado este es uno de los factores fundamentales del peso visual, nosotros lo hemos llamado volumen visual. Por lo tanto, este principio es directo. Si el peso es relación directa de la luminosidad y del tamaño, en una imagen con figuras de igual luminosidad (Figura 468), el peso mayor será de la que posea mayor tamaño.

VARIACIÓN DEL PESO EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO

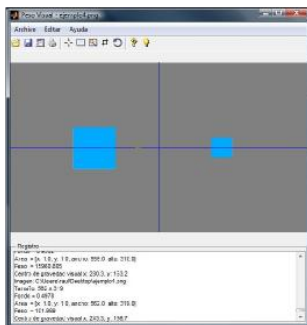


Figura 468

El color

El rojo es más pesado que el azul, y los colores claros son más pesados que los oscuros.

El color es el otro factor fundamental que actúa sobre el peso visual, nosotros lo hemos llamado densidad visual. Sin embargo, en este caso concreto pensamos que la afirmación no se basa un principio general, ya que Arnheim hace referencia concretamente al cuadro de *La habitación de Van Gogh en Arlés* (1889) en relación al cubrecama rojo que crea un peso fuerte descentrado (Figura 469).

EL PESO VISUAL EN LA HABITACIÓN DE VAN GOGH EN ARLÉS (1889)



Figura 469

En este cuadro la escena cobra un valor de 0.3649 sobre base en blanco puro, lo que nos dice que es medianamente claro. El cubrecamas rojo se configura como un elemento de gran contraste y volumen con una densidad sobre blanco de 0.6314 y una densidad absoluta respecto a la escena de 0.2665 (muy superior al azul claro de la pared) y que solo se ve contrastado por el marco oscuro de la ventana arriba a su izquierda lo que hace que el centro de gravedad se eleve sobre el centro geométrico del cuadro creando de esta forma un desequilibrio sobre el centro de la imagen.

Cuando R. Arnheim afirma que; *una zona negra tiene que ser mayor que otra blanca para contrapesarla. O que una irradiación clara aumenta la superficie*, entendemos que hace referencia a cuadros (Figura 470) donde domina el escenario o el fondo oscuro como el siguiente cuadro de Van Gogh *Noche estrellada sobre el Ródano* (1888).

EL PESO VISUAL EN NOCHE ESTRELLADA SOBRE EL RÓDANO (1888)



Figura 470

En este caso el escenario tiene un peso de 0.7857 sobre base en blanco puro, lo que nos indica que es bastante denso. El cielo y el agua que hacen de fondo son de densidades variables. Al obtener una densidad media aproximada sobre el blanco resulta; 0.9765 y la densidad absoluta respecto a la escena de 0.198, mientras que las luces claras tienen una densidad de 0.0353 sobre el blanco y una densidad absoluta respecto a la escena de 0.7504 muy superior a las densidades que crean el fondo. Este contraste hace que las zonas oscuras necesiten de un gran tamaño para equilibrar la imagen y que los elementos claros adquieran grandes pesos puntuales sobre la imagen.

La ubicación

Una posición fuerte sobre la armazón estructural puede soportar más peso que otra descentrada o alejada de la vertical u horizontal centrales.

En primer lugar, deberíamos aclarar la diferencia entre tener peso y aguantar peso. Un objeto pesa porque tiene masa y volumen, y cuanto más masa y más volumen tenga más pesará. Un objeto aguanta peso cuando es capaz de contrapesar otro, de igual forma que cuando aplicamos la ley de la palanca. En definitiva aplicar la ley de la palanca no es más que tomar los momentos que ejerce cada cuerpo respecto el eje central. De esta forma, si el momento o giro respecto el eje central es:

$$M = P \times d$$

Siendo; M = momento, P = peso y d = distancia al eje central.

Cuanto más alejado este un objeto del eje central más desequilibrio creará y su momento será mayor, ya que para un mismo peso la distancia cambia, como podemos comprobar en la imagen (Figura 471).

En general, para que una imagen vertical esté equilibrada, los momentos respecto la izquierda y la derecha del eje central deben igualarse:

$$M_{izq} = M_{der}$$

Siendo; M_{izq} = Momento parte izquierda y M_{der} = Momento parte derecha.

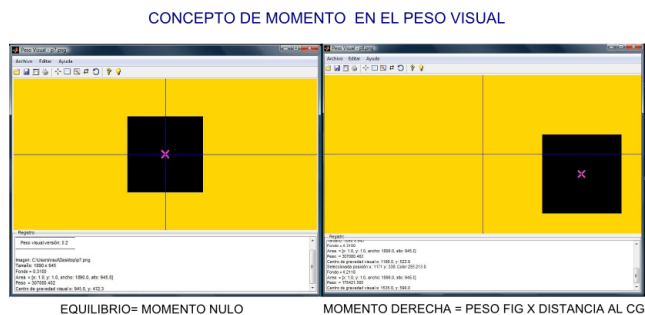


Figura 471

Por lo tanto, para que un objeto centrado pueda equilibrar uno descentrado depende de los tres factores: densidad, tamaño y ubicación en la imagen. De esta forma, cuanto más densidad, más tamaño y más distancia al centro geométrico mejor contrapesará (Figura 472).

DENSIDAD, TAMAÑO Y UBICACIÓN EN EL EQUILIBRIO DE UNA IMAGEN

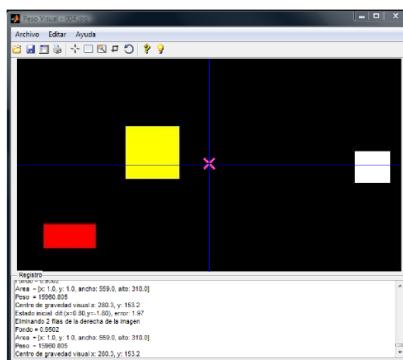


Figura 472

La forma

La forma parece influir en el peso.

Efectivamente la forma influye en el peso, en este caso es por la superficie que ocupa. La forma que más superficie ocupa más pesa ya que posee mayor volumen.

La forma regular de las figuras geométricas simples las hace parecer más pesadas. En general las figuras geométricas regulares por su simplicidad ocupan más superficie y menos perímetro que las irregulares. En el siguiente ejemplo (Figura 473) se puede observar como la forma compacta adquiere mayor peso.

INFLUENCIA DE LA FORMA EN EL PESO VISUAL DE UNA FIGURA

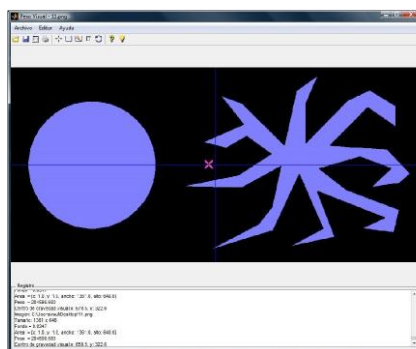


Figura 473

La compacidad, esto es, el grado en el que la masa está concentrada alrededor de su centro parece también producir peso. De igual forma la compacidad ocupa más superficie y por lo tanto más peso.

En las figuras de la imagen (Figura 474), podemos observar como el área del cuadrado pesa lo mismo que la suma de los cuadrados agrupados.

IGUALDAD DE PESOS PARA FORMAS DIFERENTES

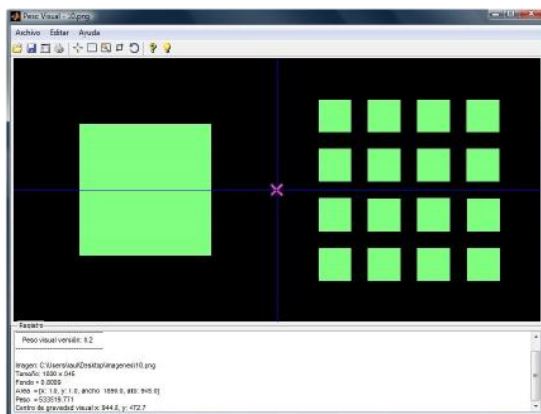


Figura 474

El Aislamiento

El aislamiento confiere peso.

Para Arnheim; un elemento aislado cobra peso, por ejemplo en las representaciones del el Sol o la Luna. Generalmente el sol y la luna son elementos iluminantes, o sea que crean un gran contraste con su fondo. Cuanto mayor sea su densidad absoluta mayor es su peso como hemos podido comprobar anteriormente.

De igual forma un objeto aislado adquiere el peso de su entorno al ser único. Muchos objetos actúan sobre el peso de la escena y si son semejantes pueden llegar a crear una textura (Figura 475).

AISLAMIENTO Y REPETICIÓN EN EL PESO VISUAL

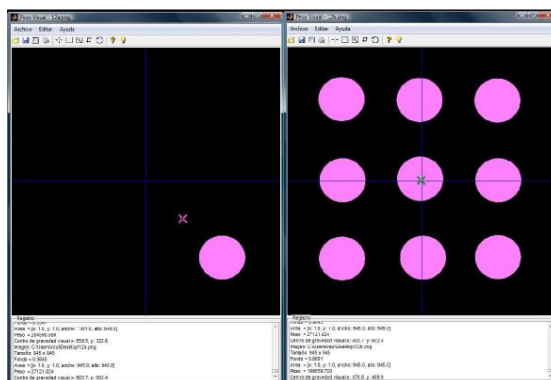


Figura 475

Por otro lado, este principio tiene relación directa con el concepto de gradiente jerárquico que propone Arnheim. *El gradiente jerárquico tiende a cero cuando el esquema se compone de muchas unidades de igual peso. En las obras*

compuestas solamente por una o dos unidades sobre fondo liso se puede decir que el gradiente jerárquico es muy abrupto.

Interacción de factores

Los factores pueden actuar unos con otros o en contra de otros para crear el equilibrio conjunto.

Como ya hemos comentado, sobre el peso visual actúan varios factores y a su vez pueden aparecer varios elementos con diferentes posiciones en la imagen visual por lo que el resultado será debido a la interacción de todos estos.

Por ejemplo Arnheim afirma que; *El peso del color puede estar contrastado por el peso por ubicación.* Esto lo podemos comprobar en la imagen (Figura 476).

INTERACCIÓN DE FACTORES EN EL PESO VISUAL

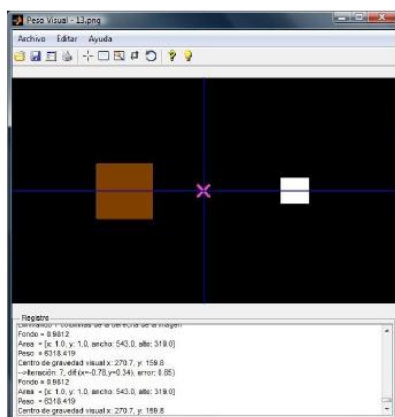


Figura 476

La profundidad espacial

Cuanto mayor sea la profundidad a que llegue una zona del campo visual, mayor será su peso.

La percepción de la profundidad es una de las cualidades de nuestra imagen visual. Un objeto más lejano parece mayor. Esto se debe a la constancia perceptual. Obtenemos por comparación y reconocimiento la distancia y de esta forma inferimos el tamaño.

Aunque un cuadro es en realidad un objeto plano, cuando representa una tridimensionalidad figurativa el observador realiza las mismas operaciones que en la realidad visual y asimila perceptualmente unas dimensiones que no se corresponden con las reales de la pintura. Al adoptar un tamaño mayor su peso aumenta, claro está que esto forma parte de un proceso perceptual donde ha existido reconocimiento figurativo.

Evidentemente sin reconocimiento, por ejemplo en un cuadro abstracto dos cuadrados de diferente tamaño no se entienden como en profundidades diferentes y por lo tanto el más pequeño pesa menos.

El espacio

El espacio vacío delante de una parte distante lleva peso.

Arnheim establece de igual modo que es observable también en objetos tridimensionales como espacios rodeados por edificios arquitectónicos. Esto también aparece como una respuesta perceptual no directa, un espacio ocupa un volumen

modelado por las formas que lo rodean, este volumen es susceptible de albergar diferentes elementos y de generar la sensación de peso.

Entorno al cambio de tamaño en la profundidad o pérdida de color, nuestro programa no los trata (6.2.15), establece toda la imagen en primer plano y no aumenta de valor a los objetos representados que se ven más alejados perceptualmente.

El conocimiento.

“Sabemos por repetidas experiencias lo resistente que es la madera o la piedra, porque con frecuencia las hemos manejado en otros contextos, y cuando miramos un fragmento de construcción de piedra o de albañilería tenemos la certeza de que es capaz de desempeñar la tarea que se le ha encomendado (Mock y Richards)”.

Arnheim comenta que ante el desconocimiento, la representación de un manojo de algodón pesa más que una pella de plomo. Supongamos una persona de otra cultura que desconozca tanto el algodón como el plomo. Al ver la representación no reconocerá ninguno de los objetos por lo que su relación visual con esos objetos será mediante su peso visual en primera instancia y en segunda intentará asociarlos con alguna clase de sus objetos conocidos (5.4.5.1).

Por otro lado, al reconocer el material del que está formado un objeto, con el que en un momento del pasado se ha tenido contacto físico, dicho objeto adquiere un peso mental inferido por asociaciones al que denominamos peso perceptual.

Nuestro programa actúa como una persona sin poder de reconocimiento, no categoriza las formas y por lo tanto no incluye el peso perceptual.

Interés intrínseco

“Una zona de una pintura puede atraer la atención del observador, bien por el tema representado, por su complejidad formal, su grado de complicación u otra peculiaridad (Puffer)”.

Aquí Arnheim hace referencia a la atención subjetiva del observador. La atención visual forma parte del proceso perceptivo en donde actúan nuestros deseos, intenciones e intereses activados por la experiencia sensible en interacción con nuestros recuerdos.

El interés suele aparecer cuando el cuadro es absorbido por el espectador como significativo y entran en acción nuestros conocimientos y experiencias pasadas. En este nivel de procesamiento el peso visual de la imagen pasa a desvanecerse en favor de las nuevas percepciones resultantes de ciertas zonas de la imagen. Las fuerzas que pueden provocar estas zonas son subjetivas, ya que dependen de las experiencias pasadas del observador e incluso puede no aparecer en el caso de no existir reconocimiento, falta de atención o motivación.

De igual forma, el programa no entiende de subjetividades ni intereses personales y por lo tanto, no atiende a estas acciones.

Parte superior y parte inferior

“Visualmente, un objeto de determinado tamaño, forma o color llevará más peso cuando se situó más arriba”.

Para Arnheim; *“elevarse significa vencer una resistencia, es siempre una victoria. Descender o caer es rendirse al tirón que se ejerce desde abajo y por lo tanto se experimenta como una sumisión pasiva”.*

Físicamente alejarse del centro de atracción cuesta un trabajo. El trabajo se define como la fuerza multiplicada por el desplazamiento. Esta fuerza debe ser superior al peso del objeto para que se produzca la elevación. El objeto una vez elevado adquiere una energía potencial que es mayor que la energía de otro objeto situado en un lugar más bajo.

Por lo tanto, para nosotros el objeto situado más arriba no pesa menos, lo que tiene es mayor energía potencial, que si depende de la altura. Como vemos en la siguiente expresión;

$$E_p = m \times g \times h$$

Haciendo una analogía visual; la masa $m = V_v \times D_v$; la gravedad $g_v = 1$ y la altura $h = h_v$,

De esta forma, la energía visual sería igual al peso visual por la altura, es decir;

$$E_{pv} = P_v \times h_v$$

Si la altura del objeto h_v la referimos a la altura total h , igualada a la unidad $h_t = 1$, obtendremos un resultado de la energía potencial visual. Cuanto más se acerque a 1 más energía potencial tendrá y cuanto más se acerque a 0, menos tendrá y más cerca del suelo estará.

Arnheim comenta que estamos acostumbrados a experimentar la situación visual normal como algo más pesado en su parte inferior. Los objetos arraigados a la tierra, no pueden elevarse y su energía potencial es cero.

Un peso suficiente en la parte inferior hace que el objeto parezca sólidamente arraigado, seguro y estable (Figura 477).

EL PESO Y LA ENERGÍA POTENCIAL VISUAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA

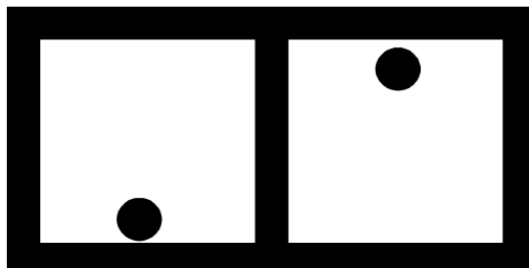


Figura 477

No obstante pensamos que es así sobretodo en imágenes con fondo claro, en imágenes con fondo oscuro los elementos claros se pueden asociar a luces u objetos iluminantes donde su energía deja de entenderse como potencial.

Derecha e izquierda

“Visualmente, la asimetría lateral se manifiesta en una distribución desigual del peso y en un vector dinámico que conduce de izquierda a derecha del campo visual.

Vivimos en un espacio físico anisótropo donde las propiedades varían en función de la dirección en la que son examinadas. Esto físicamente es evidente debido a la fuerza de la gravedad en el eje de la altura o eje vertical. Entorno al eje horizontal, físicamente el espacio es isótropo”.

Sin embargo, nosotros no lo somos, físicamente no somos simétricos, nuestro cerebro no es simétrico y estamos acostumbrados a seguir ciertos hábitos visuales de estructuras asimétricas.

Según Wölfflin; *“ los cuadros se leen de izquierda a derecha y al invertirlos cambia su lectura”.* De igual forma, la diagonal que va desde la parte inferior izquierda a la superior derecha se ve como ascendente y la otra como descendente.

Por lo tanto Arnheim establece; *“todo objeto pictórico parece más pesado a la derecha del cuadro”*.

Mercedes Gaffron plantea; *“cuando dos objetos se muestran en las mitades izquierda y derecha del campo visual, el de la derecha parece mayor. Para que parezcan iguales es preciso aumentar el de la izquierda. Esto sucede también en las fotografías y en el escenario del teatro”*.

La respuesta que da la autora es que es debido al carácter dominante de la corteza cerebral izquierda, donde se alojan los centros cerebrales superiores del habla, la escritura y la lectura.

“El lado derecho se caracteriza por ser el más conspicuo y por incrementar el peso visual de un objeto. El lado izquierdo, por su parte, se caracteriza por ser el más central, el más importante y el más acentuado por la identificación del observador con él”.

Entendemos que esta peculiaridad es debida al carácter plástico de nuestro cerebro y percepción, nuestros hábitos culturales moldean nuestra forma de entender y absorber la realidad. Pero esta forma de aprehender la realidad no es universal, personas de otras culturas pueden no tener esta tendencia o lo contrario puede darse el caso inverso en la tendencia visual.

Pensamos en nuestra cultura nos es más fácil leer la imagen de izquierda a derecha, ya que nos cuesta menos esfuerzo. Al igual que en el lenguaje cinematográfico occidental el desplazamiento de izquierda a derecha vence más esfuerzo, o en una pantalla si vemos una flecha que apunta a la derecha es que va hacia delante y una flecha izquierda apunta hacia atrás. No obstante, el programa descarta este tipo de acciones.

6.2.16.6. Conclusiones

El objetivo planteado en el cálculo del peso visual y su desarrollo con el programa PV es la búsqueda del equilibrio de la imagen, siguiendo los planteamientos de R. Arnheim.

En la comprobación de los aspectos que influyen en el peso visual según R. Arnheim nuestros resultados coinciden entorno a tamaño, color, ubicación, forma, aislamiento e interacción de factores. Cualidades que actúan sobre nuestra visión de forma directa.

En cuanto a los aspectos de profundidad espacial, conocimiento, interés intrínseco, parte superior e inferior, y derecha e izquierda no son tenidos en cuenta en el cálculo automático de la imagen y por lo tanto no aparecen reflejados en el equilibrio de esta. Por otro lado, vemos que estos aspectos aparecen con el reconocimiento perceptual, son subjetivos y/o culturales.

No obstante, proponemos las siguientes actuaciones posibles:

- *Segregación fondo-figura*: Aunque el programa no pueda discernir automáticamente nuestras percepciones o intenciones, podemos ayudarle. Por ejemplo en el siguiente dibujo (Figura 478) nosotros podemos decidir si nuestra figura es la mujer o el saxofonista. Para que PV haga lo mismo tenemos que asignar manualmente cual es nuestro fondo en la imagen y observamos cómo cambia el peso de la imagen.

SEGREGACIÓN FIGURA-FONDO EN EL PESO VISUAL

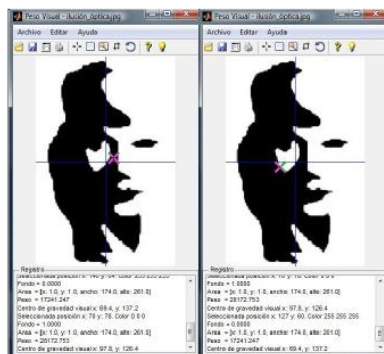


Figura 478

- *Categorización*: En el caso de la categorización, el programa no reconoce los objetos y no puede asignar pesos perceptuales a las formas. No obstante pensamos que el peso perceptivo se aísla del conjunto de la imagen y al experimentar el cuadro como una unidad o como un conjunto compositivo la acción del peso visual de la imagen se mantiene siendo la misma.

- *Tendencia visual*; En cuanto, a las acciones culturales arriba/abajo e izquierda/derecha aunque el programa descarta este tipo de acciones, se pueden añadir a la aplicación factores externos, nuestra postura está abierta a sugerencia de estudios psicológicos que nos aporten valores concretos y demostrados para nuestra cultura.

6.2.17. EJEMPLO DE ANÁLISIS DE OBRAS DE ARTE PICTÓRICAS USANDO PV

En este punto, vamos a ver unos ejemplos de cómo el peso visual se puede convertir en una herramienta útil en el análisis de la composición del arte pictórico.

Para ello hemos elegido algunas de las obras más valoradas y reconocidas de nuestra cultura actual a lo largo de la historia. En donde hemos elegido obras figurativas a propósito, con el objetivo de analizar las relaciones de la composición, con algunos de los significados que estas evocan, en concreto vamos a estudiar algunas influencias entre peso visual y el peso perceptual que estas pueden evocar.

A pesar de que en cualquier representación se pueden seleccionar diversas figuras, y sobre ellas estudiar el peso parcia respecto de la imagen en la que se insertan. Nosotros vamos a estudiar la globalidad de la composición, por lo que en todas las imágenes utilizaremos el peso integral para analizarlas.

Para la introducción y descripción de las obras hemos utilizado las referencias de Gabriel Fernández, arquitecto español, a través de su portal *Online art magazine*³³⁵.

Por otro lado, nos gustaría hacer notar que las imágenes son replicas digitales, y que puede existir alguna pequeña variación de luminosidad o de cromaticidad en su representación respecto de los originales. Por lo que, los valores los entenderemos más bien como muy aproximados, que como exactos.

³³⁵ FERNÁNDEZ, Gabriel. 2014. *Online art magazine*. (Theartwolf.com .http://www.theartwolf.com/index_es.htm)

“El Matrimonio Arnolfini” JAN VAN EYCK (Flamenco, c.1390-1441)

1434 - óleo sobre lienzo, 81.8 x 59.7 cm. – Londres, National Gallery

A pesar de ser una de las pinturas más famosas y estudiadas de la historia del arte occidental, el "Retrato de Giovanni Arnolfini y su esposa" es todavía una obra llena de misterios que descifrar, una obra maestra suprema que ha provocado múltiples debates entre estudiosos y críticos (Figura 472). Para empezar, no está claro de que se trate de un retrato de Giovanni Arnolfini o de su hermano Michele y su esposa Elisabeth. El estado de aparente embarazo de la dama también ha provocado debate, ya que muchos expertos creen que tal embarazo no existe, y que su figura no es más que un reflejo de los cánones de belleza de la época. El espejo curvo del fondo –magistral dominio de la perspectiva por parte de van Eyck- deja entrever que, además de los retratados, hay dos personas más en la habitación, de las cuales una se supone que es el pintor. Incluso la inscripción –firma de la pared del fondo, "Johannes de Eyck fuit hic. 1434. (Jan van Eyck estuvo aquí. 1434.)" hizo pensar a algunos expertos que la figura masculina es un autorretrato del pintor, opción descartada por casi todos los estudiosos contemporáneos.

La pintura está llena de elementos alegóricos. Algunos expertos han sugerido que el espejo (que muestra escenas de la Pasión de Cristo) representa el omnipresente ojo de Dios presenciando la boda. El perro puede ser un regalo de nupcias o un símbolo de lealtad. Las frutas que se encuentran debajo de la ventana también han sido objeto de debate. En definitiva, una de las más importantes obras de arte de todo el Renacimiento

“EL MATRIMONIO ARNOLFINI” DE JAN VAN EYCK (1434)

Figura 479

Al aplicarle el peso visual a la imagen, en primer lugar observamos algo evidente como que la luminosidad es baja (Luminosidad = 0.2131), no llegando a un cuarto de su poder expresivo, lo que nos refiere a una escena interior donde la

luz es tenue. Por otro lado, vemos que los contrastes lumínicos son igualmente bajos y cuando se acentúan abarcan poca superficie del retrato, ofreciendo de esta forma un peso relativo bajo (Peso relativo = 0.1000) Por lo tanto, en las zonas claras, es donde aparece más peso debido a su mayor contraste, haciendo que cobren mayor atención y preponderancia en el cuadro, entre estas observamos las caras y las manos, elementos por otro lado, de gran expresividad en la obra.

En la composición de la escena, la luz tiene una direccionalidad clara de izquierda (arriba en la ventana) a derecha (abajo), lo que hace que el centro de gravedad visual tienda a desplazarse hacia la luz, quedando un poco descentrado hacia el lado izquierdo y algo más hacia arriba (Figura 479). No obstante, el autor con el fin de minimizar este desequilibrio introduce una luz abajo a la izquierda, con unos zuecos claros haciendo peso contrarrestante hacia abajo y de igual forma, desplaza la unión de las manos, tirando hacia la derecha, respecto de la composición simétrica donde la figura esférica especular marca el eje vertical de la simetría central.

Aun así la composición queda un poco descentrada, sobre el cuadrante superior izquierdo, donde se sitúa la figura del hombre. Configuración, tal vez provocada con el fin de otorgarle al personaje masculino más relevancia en el cuadro.

Mona Lisa (La Gioconda / La Joconde) LEONARDO DA VINCI (Italia, 1452-1519)

1503-05, óleo sobre tabla, 77 x 53 cm. – París, Louvre.

Poco o nada se puede decir de esta obra que no se haya repetido ya hasta la saciedad (Figura 473). Es la pintura más conocida del arte occidental, y probablemente, la obra de arte más famosa del mundo. Ha inspirado libros y películas, ha protagonizado el robo más famoso de la historia del arte, ha sido estudiada mediante todo tipo de métodos, artísticos o científicos, para descubrir posibles dibujos ocultos, grietas, determinar qué porcentaje de la pintura corresponde al rostro (4.9%), cuantos al paisaje (20.3%) o a otros elementos. Se han hecho miles de copias, réplicas, interpretaciones y caricaturas, incluyendo la "Gioconda bigotuda" de Dalí o la "Gioconda agredida" de Duchamp, y, recientemente, se ha tratado de averiguar, basándose en el análisis de la pintura, cómo sonaría la voz de la dama retratada.

En un plano puramente artístico, se trata de una obra extraordinaria, en la que el sfumetto leonardesco alcanza su máxima expresión. No observamos pinceladas, tan sólo veladuras que dan a la pintura un aspecto casi irreal, como se observa en su celeberrima sonrisa y en el paisaje del fondo. Sigue habiendo debates en cuanto a la identidad de la retratada, aunque tradicionalmente se piensa que se trata de la esposa de Francesco del Giocondo. Esta indecisión ha dado pie a numerosos visionarios para proponer nuevas y "auténticas" giocondas, pese a la multitud de evidencias que señalan a esta como obra única y verdadera.

"LA MONA LISA (LA GIOCONDA)" DE LEONARDO DA VINCI (1503 /1505)

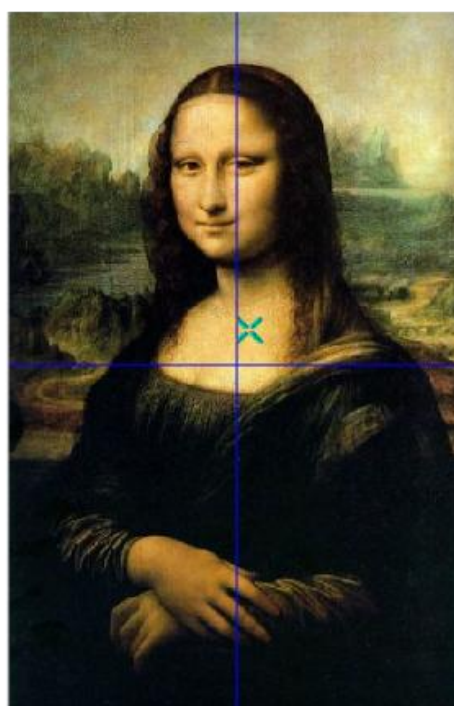


Figura 480

Sobre esta obra, en primer lugar notamos que la luminosidad general es baja ($Luminosidad = 0.2684$) sobre todo en la parte inferior del cuadro. Por lo tanto, al igual que en el caso anterior, los elementos claros son los que cobran mayor fuerza (peso) y en este caso, también coinciden con la parte visible del cuerpo humano de la mujer, donde las manos y la cara cobran gran fuerza expresiva. Por otro lado, en torno a esta luminosidad el equilibrio de masas es perfecto, dando un peso relativo ($Peso\ relativo = 0.2503$) totalmente equilibrado. Por lo tanto, existe un contraste entre claros y oscuros respecto de la luminosidad media perfecto.

En cuanto, al centro de gravedad de la imagen (Figura 480), vemos que se encuentra un poco desequilibrado hacia la derecha y algo más hacia arriba. En este caso vemos, que el foco luminoso proviene del cuadrante superior derecho, lo que hace que el centro se desplace hacia él. En contraposición aparecen las manos iluminadas en el cuadrante inferior izquierdo, aunque el autor no las ilumina demasiado, posiblemente para no quitarle protagonismo al rostro de la mujer, pero por otro lado conlleva a que no tiren con demasiada fuerza hacia abajo y a la izquierda.

De igual forma, Leonardo desplaza el rostro hacia la izquierda del cuadro posiblemente con fines equilibradores, por lo que podemos ver que la simetría facial no coincide eje vertical central. No obstante, dado que la fuerza expresiva de la composición reside en el rostro de la dama, parece intencionado la elevación del centro de gravedad del conjunto de la composición hacia este.

La familia de Felipe IV (Las Meninas) DIEGO DE VELÁZQUEZ (España, 1599-1660)

1656 - óleo sobre lienzo, 321 x 281 cm. Museo del Prado, Madrid.

“La teología de la pintura”. Así describió el pintor italiano Luca Giordano (Lucas Jordán) esta obra maestra de Velázquez. Théophile Gautier fue más allá, y en frente de la misma se preguntó “¿pero dónde está el cuadro?”. Y es que Gautier estaba frente a la que es una de las cumbres de la pintura barroca (Figura 474).

La obra es un complejísimo juego de planos y líneas de composición. Velázquez se autorretrata pintando el retrato de los Reyes Felipe IV y Mariana de Austria, cuando la aparición de la Infanta Margarita obliga a interrumpir la sesión. De esta manera, los Reyes, que aparecen reflejados en un espejo en el fondo de la estancia, estarían situados en el mismo plano y situación que el espectador, estableciendo una magistral trama de dentro-fuera en el que el observador siente el impulso de avanzar hacia dentro del cuadro.

Cuenta la leyenda –probablemente más falsa que cierta- que cuando Velázquez presentó la pintura al Rey, este le dijo: “le falta un último detalle”. Y tomando el pincel, pintó sobre el pecho de la figura de Velázquez la cruz de la orden de Santiago. Leyendas aparte, ésta es una de las mejores pinturas de la historia de la humanidad.

En esta gran composición, vemos que la luminosidad es relativamente baja (Luminosidad = 0.2368). En este caso, los elementos iluminados quedan en la mitad inferior del cuadro, mientras que lo oscuro y lo descontrastado queda en la mitad superior, expresando de esta forma la dualidad arriba (espacio y levedad), y abajo (materialidad y peso). Los elementos claros contrastantes quedan apoyados sobre el suelo claro e iluminados desde la ventana que queda a la derecha. Dado que en la mitad superior no existe contraste prácticamente, el peso relativo del conjunto es bajo (Peso relativo = 0.1539), dejando todo el poder contrastante a la parte inferior que es donde residen las personas.

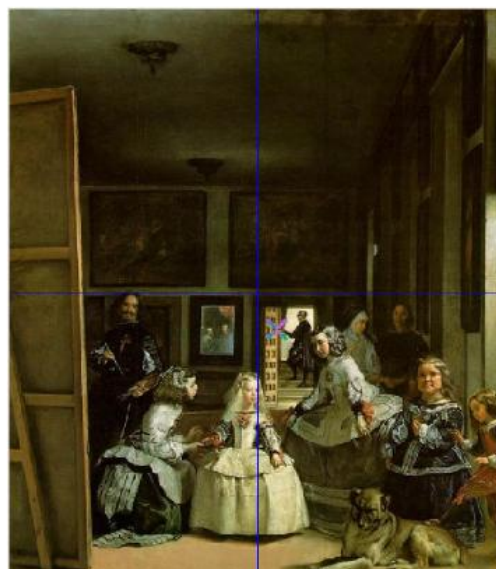
“LAS MENINAS” DE DIEGO DE VELAZQUEZ (1656)

Figura 481

En este caso, las caras y manos de los personajes van mostrando su mayor luminosidad según se acercan al centro de la composición, siendo estos unos de los elementos que mayor peso aportan a la composición junto con los vestidos blancos

y claros de las meninas, y la luz blanca que entra por la puerta trasera y la ventana de la derecha. De tal forma, que en estas localizaciones, donde aparecen más contrastes, es donde se sitúan los diferentes focos expresivos del cuadro.

El centro de gravedad, queda lógicamente descentrado hacia la parte baja del cuadro y un poco a la derecha (Figura 481). Para evitar que el centro de gravedad bajará mucho, en la parte superior (techo) aparece una iluminación leve, que tira un poco del centro hacia arriba. Por otro lado, de igual forma que las masas significantes se van arrojando a la derecha (la luz), el centro de gravedad se desplaza hacia esa dirección quedando situado en la puerta, la cual posee una significación acusada dentro de la composición del cuadro.

El perro (Perro semihundido) FRANCISCO DE GOYA (España, 1746-1828)

1820-22 - Fresco trasladado a lienzo, 134- 80 cm. – Madrid, Museo del Prado

En 1819, Goya se traslada a la una finca en las afueras de Madrid –posteriormente conocida como la “Quinta del Sordo”- y comienza a pintar en sus paredes una serie de pinturas espeluznantes pobladas con aquelarres, brujas y escenas terribles como "El aquelarre" o el infame "Saturno devorando a su hijo".

En medio de tal panorama, al lado de una puerta, solo y desamparado, encontramos "Un perro" (Figura 475). Esta es quizás la pintura más enigmática de toda la Quinta. En ella se nos muestra a un perro, totalmente oculto a excepción de su cabeza, en medio de un fondo ocre. Nada más se nos dice o se nos aclara sobre el protagonista o el significado del fresco. ¿Dónde está ese perro? ¿A dónde o a qué está mirando? ¿Se hunde, o por el contrario asoma su cabeza con cautela, temeroso de algo que no somos capaces de intuir?

De esta pintura se han hecho infinidad de interpretaciones, asociando al perro tanto a la figura infernal que guía a los muertos como a un símbolo del abandono y el desamparo. Simple y a la vez tremendamente poderoso, "El Perro" ha sido admirado por multitud de artistas modernos. Antonio Saura la llamó "la pintura más bella del mundo", y Joan Miró la consideraba -junto a las "Meninas" de Velázquez- su obra favorita del Museo del Prado.

"EL PERRO" DE FRANCISCO DE GOYA (1820 / 1822)*Figura 482*

En este cuadro, lleno de simbolismo, vemos que a pesar de reflejar sensaciones oscuras, el cuadro no lo es, en concreto el cuadro posee una luminosidad muy cercana a la media (Luminosidad = 0.4813), repartida de forma irregular, ya que la parte inferior es bastante oscura, respecto al resto del cuadro. El peso relativo del cuadro también se acerca al término medio (Peso relativo = 0.2108), es decir existe un contraste adecuado entre claros y oscuros en la composición.

No obstante, este contraste se acentúa en la parte inferior izquierda del cuadro que es donde recae el peso significativo de la composición y el centro de gravedad (Figura 482). En este cuadrante aparece la cabeza oscura del perro creando un gran contraste con el fondo, siendo esta la zona del cuadro donde el fondo adquiere mayor claridad.

Aunque no aparece la figura del cuerpo del perro, este tira hacia abajo perceptualmente en la composición. Goya utiliza la superposición de una gran masa de tierra oscura tirando en la dirección donde suponemos se encuentra el cuerpo del perro. De igual forma, la direccionalidad del terreno en sentido ascendente hacia la derecha, crea un obstáculo a superar, enviando hacia atrás el perro. La espacialidad de la mitad superior del cuadro se muestra a través de una textura que contrasta la negrura y la oscuridad suspendidas en el ambiente con un fondo claro. Posiblemente este contraste de las formas oscuras creando esa particular atmósfera incómoda y sucia, es la que nos transmite percepciones negativas. Esta atmósfera, no crea contrapeso lo que hace que el centro de gravedad se sitúe abajo a la izquierda que es donde recae el peso simbólico del cuadro.

La Ola (la gran ola de Kanagawa) KATSUSHIKA HOKUSAI (Japón, 1760-1849)

c.1830. Grabado, 25.4 x 38 cm. Nueva York, Metropolitan Museum.

Hokusai es una de las principales figuras de la escuela Ukiyo-e, un genio con una fascinación casi obsesiva hacia el Monte Fuji, al que dedica su gran obra maestra, la serie de "36 vistas del Monte Fuji"

La pintura y el grabado japonés siempre nos han ofrecido una visión diferente, casi mística, de los fenómenos naturales. La ola es aquí mucho más que una mera circunstancia oceánica: es un monstruo, un gigantesco leviatán que amenaza con sus colmillos a las ágiles y audaces barcas que cruzan, flexibles, el mar. La terrible garra del océano es tan poderosa que parece ir a devorar incluso al sagrado monte Fuji, que se nos presenta al fondo como una víctima más de la demoníaca ola (Figura 476).

"LA OLA" DE KATSUSHIKA HOKUSAI (1830)

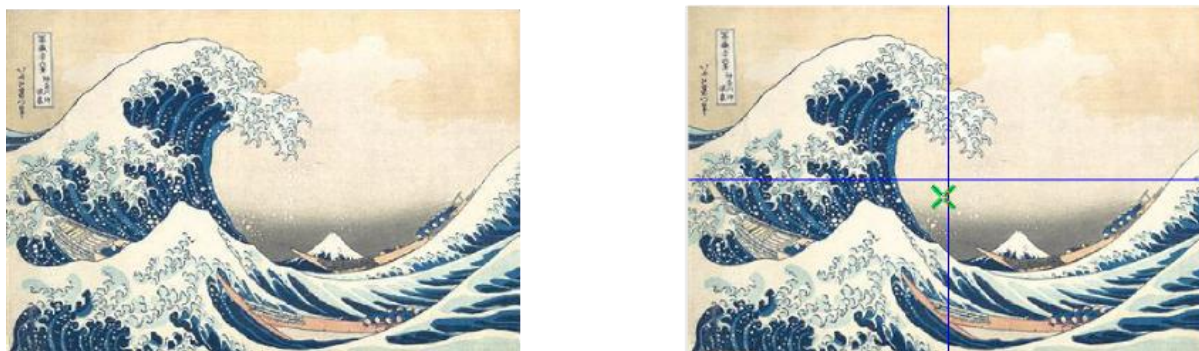


Figura 483

En este caso, observamos que es una composición muy luminosa (Luminosidad = 0.7734). En este caso los contrastes más acusados aparecen entre las partes oscuras y claras de las olas, y en el monte Fuji, que aparece como otra ola más. Los contrastes aunque no son muy acusados están bien repartidos por lo que el peso relativo queda un poco por debajo de la media (Peso relativo = 0.1974).

En cuanto, al centro de gravedad (Figura 483) vemos que la composición está equilibrada respecto al eje x y algo descentrada hacia abajo respecto al eje y . Por lo que el oleaje tira hacia abajo. El centro de gravedad se sitúa justamente en equilibrio entre la configuración de la ola, y del monte Fuji. Por lo tanto, la ola se desplaza agresivamente envolviendo el monte en un equilibrio inestable.

Las Señoritas de Avignon PABLO PICASSO (España, 1881–1973)

1907 - óleo sobre tela, 243.9 x 233.7 cm. – Nueva York, Museo de Arte Moderno (MOMA)

Estamos ante la que es posiblemente la pintura más importante del siglo XX, por ser considerada la pintura que inició el cubismo propiamente dicho y a su vez considerarse éste como la base de toda la pintura moderna y contemporánea (Figura 477). Esta pintura impresionó profundamente a Georges Braque e inició la amistad entre ambos.

Como ocurre con casi todas las pinturas capitales de la historia del Arte, "Les demoiselles d'Avignon" ha tenido infinidad de interpretaciones, algunas de ellas contradictorias. En cualquier caso, muchos críticos han coincidido en señalar esta pintura como una réplica a "La alegría de vivir" de Henri Matisse, en la que Picasso sustituye el paisaje

exterior por el oscuro interior de un burdel, a las alegres figuras femeninas de Matisse por prostitutas, y, en general, la alegría de vivir por una sensación oscura y perturbadora. La paleta de colores es heredera del periodo rosa de Picasso, a la que añade algunos trazos oscuros, por lo que muchos críticos hablan de un periodo negro de la obra picassiana. Sea como sea, es una de las obras claves del Arte universal.

“LAS SEÑORITAS DE AVIGNON” DE PABLO PICASSO (1907)



Figura 484

En este cuadro, observamos que existe una luminosidad bastante equilibrada (Luminosidad = 0.5471) y cercana a la luminosidad media. Por lo tanto, la composición no se muestra, ni clara, ni oscura. Por lo tanto, las luminosidades extremas serán las que más influyan en su peso, es decir pesara tanto lo muy oscuro o negro, como lo muy claro o blanco. En este caso, Picasso no abusa de estos contrastes (Peso relativo = 0.1733).

Como podemos observar, la composición se muestra bastante equilibrada respecto de su centro de gravedad (Figura 484), lo que posiblemente muestre un grupo unido, es decir un conjunto de elementos equilibrado. En cuanto al contraste, vemos que esta homogéneamente repartido, utilizando lo oscuro en los detalles de las caras de las mujeres y lo claro en ciertos tejidos que las envuelven. Por lo tanto, estos acentos reflejan lo claro en lo que les envuelve y delimita y por otro lado, reflejan la oscuridad en sus rostros y ojos que son los que relatan mejor sus interioridades. Estas manchas negras se establecen como focos de atención, donde en cada cara, a parte de la oscuridad se expresa un significado diferente. En cuanto, al contraste de temperatura (calidos/ frios) no vamos a entrar en detalle pero en este cuadro, su simbolismo cobra especial relevancia.

***Nighthawks* EDWARD HOPPER (EE.UU., 1882-1967)**

1942- óleo sobre lienzo, 84.1 x 152.4 cm. – Chicago, Art Institute

“Probablemente de forma inconsciente, estaba pintando la soledad de una gran ciudad”, dijo el propio Hopper de esta obra. Efectivamente, “Nighthawks” no es sólo la obra más famosa y reproducida del artista, sino que se ha convertido, por derecho propio, en el símbolo de la soledad de la metrópolis contemporánea y en uno de los iconos del Arte del siglo XX (Figura 478).

De esta pintura se han hecho multitud de interpretaciones y consideraciones subjetivas, demostrando así la

terrible emoción que ésta provoca en el observador. La visión de estas cuatro figuras anónimas (misteriosamente, Hopper llamó a esta obra una pintura “de tres personajes”) en el interior de un sobreiluminado bar en la noche de una oscura jungla de asfalto consigue producir una sensación de soledad inevitable. A destacar que, al no representar la puerta de acceso al local, Hopper ha convertido el establecimiento en una prisión de vidrio en la que nadie puede entrar, ni salir.

"NIGHTHAWKS" DE EDWARD HOPPER (1942)



Figura 485

Ante esta obra, en primer lugar observamos que tiene baja luminosidad (Luminosidad = 0.3147). No obstante, alta para representar un escenario nocturno. Los contrastes respecto de esta luminosidad están perfectamente equilibrados, ajustándose al peso relativo medio (Peso relativo = 0.2544). De tal forma, que se refleja la dualidad luminosa, mostrando luz y claridad donde hay vida, en el interior transparente y la oscuridad donde la escena se muestra inerte, en la calle urbana.

El centro de gravedad visual (Figura 485) de la imagen queda un poco descentrado, en este caso, en el cuadrante de abajo a la derecha que es donde aparecen los protagonistas. Concretamente, el centro de gravedad recae sobre el hombre que da la espalda al retrato, quedando señalado como el ciudadano sin rostro de una metrópolis llena de gente donde lo común es la soledad anónima.

A Bigger Splash DAVID HOCKNEY (Inglaterra, nacido en 1937)

1967, oil on canvas, 242-243 cm. -London, Tate Gallery

David Hockney es uno de los mitos vivos de la pintura pop. Británico de nacimiento, se traslada pronto a California, donde enseguida se siente identificado con la luz, la cultura y el paisaje urbano de la región. "A bigger splash" es posiblemente su obra más conocida, y –aunque la sencillez de la composición pudiese hacer creer lo contrario– más valientes en cuanto a la dificultad de plasmar en una composición de tal tamaño un evento de vida tan corta como un zambullido. El propio Hockney lo explicó así: “Me llevó dos semanas pintar un evento que dura dos segundos” (Figura 486).

"A bigger splash" nos traslada a un tranquilo día soleado en California, con un soberbio manejo de la luz que parece hacer recomendable ver la pintura con unas buenas gafas de sol. Hockney nos sitúa al borde de una piscina, en medio de una serena composición conseguida mediante líneas únicamente horizontales y verticales, a excepción de la diagonal formada por el trampolín. El artista ha captado el momento exacto en el que un personaje al que no podemos ver se lanza al agua, formando un gran splash que rompe momentáneamente la calma casi sagrada de la escena. Casi podemos

escuchar el exuberante sonido del chapuzón mientras la suave y fresca brisa marina corre por nuestra espalda.

"A BIGGER SPLASH" DE DAVID HOCKNEY (1967)



Figura 486

Este cuadro, nos muestra, otra perspectiva americana, aquí la luminosidad es alta (Luminosidad = 0.6263), reflejando unos colores luminosos pero aportando poco contraste de luminosidad a la composición. Dado que existe poco contraste de luminosidad, el autor utiliza un contraste de temperatura donde asocia los fríos del cielo y el agua, y los separa del trampolín y la edificación. Por lo tanto, el peso relativo es bajo (Peso relativo = 0.1144), dejando casi la mayor parte de la acción contrastante al desequilibrio formal y de color que aporta la mancha blanca del chapuzón.

El centro de gravedad, se sitúa un poco descentrado en el borde que delimita el agua, en el cuadrante inferior izquierdo, debido a que en este cuadrante es donde aparece más tamaño ocupado por la oscuridad del agua. Posiblemente, si se hubiera desplazado el chapuzón un poco a la izquierda la composición estaría equilibrada. Sin embargo, posiblemente esta no sería la intención del autor, está claro que su intención más bien era mostrar un instante de desequilibrio sobre una escena estable.

6.2.18. PESO INTEGRAL Y PESO PARCIAL DE UNA IMAGEN

El presente punto trata sobre las posibilidades que tenemos al trabajar con el peso visual de una imagen. Dado que el peso visual es relativo, es decir al igual que existe variación en nuestros procesos de atención visual sobre una misma imagen, en el peso visual existe la posibilidad de variación dependiendo de la selección y atención que realizamos sobre dicha imagen, a continuación vamos a estudiar todas las características y posibilidades intrínsecas de cada forma de interpretación de la imagen en relación al peso visual.

6.2.18.1. Peso integral

Tal como hemos visto, entendemos peso integral de una imagen, cuando todo lo que aparece en ella es considerado figura. Por lo tanto, su fondo (toda la imagen) se establece mediante la luminosidad media de la imagen integra.

Peso Integral Mínimo y Máximo

Integral mínimo

El peso integral mínimo es el que otorga una imagen plana un solo color (Figura 487). Este tipo de imagen tiene un peso relativo integral igual a cero porque es la diferencia que existe entre la luminosidad media y la imagen. Es decir, no existe contraste en toda la imagen sobre la luminosidad media.

PESO RELATIVO INTEGRAL MÁXIMO Y MÍNIMO

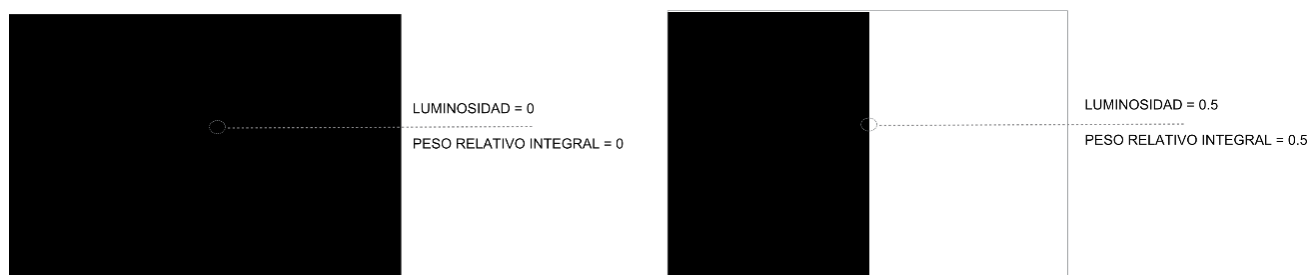


Figura 487

Integral máximo

El integral máximo aparece en una imagen dual de dos colores con máximo contraste, es decir 1/0 (blanco/negro) con igual superficie sobre la imagen, por lo tanto un 50% cada una. En este caso el peso integral es igual a 0,5 (Figura 480).

Influencia de la luminosidad del color en el peso relativo de la imagen integral

Cuanto más contraste de luminosidad, más peso relativo, porque se multiplica por un valor cada vez más cercano al uno, que es la diferencia de luminosidad entre los colores (Figura 488).

Una imagen con poco contraste tiene un peso relativo integral que se acerca más al cero, mientras que una imagen con mucho contraste tiene peso relativo integral que se acerca más al 0.5.



Figura 488

Influencia del tamaño de la forma en el peso relativo de la imagen integral

Cuanta más igualdad de superficie entre los colores que contrastan, más peso relativo tiene la imagen y cuanta más desigualdad, entonces menos peso relativo tiene la imagen (Figura 489).

Por lo que determinamos en torno a la influencia del tamaño, que lo que afecta es la relación entre los tamaños de las figuras que contrastan, es decir da lo mismo que las figuras sean grandes o pequeñas, si están equilibradas entre ellas, es decir si ocupan en conjunto el mismo tamaño final en la imagen, el peso es mayor, y si tienen tamaños diferentes en conjunto, el peso empieza a disminuir en la misma proporción que aumenta el desequilibrio. Por lo tanto, determinamos que existe una relación de proporcionalidad directa entre el peso relativo y la igualdad de tamaños contrastantes.



Figura 489

La mezcla óptica

Cuando nos retiramos mucho de ciertos elementos visuales, puede aparecer una mezcla óptica. Por ejemplo, si nos vamos alejando progresivamente en la imagen de cuadritos pequeños, llega un momento donde se produce una mezcla óptica y se percibe todo de un solo color. Como hemos visto, una imagen plana de un solo color tiene un peso igual a cero. Por lo tanto, en el momento que se produce esta mezcla se pierde el peso, ya que el valor del peso integral depende de la percepción del contraste que es donde aparece la delimitación. Por lo tanto, sin percepción de delimitación (contraste) el peso será cero (Figura 490).

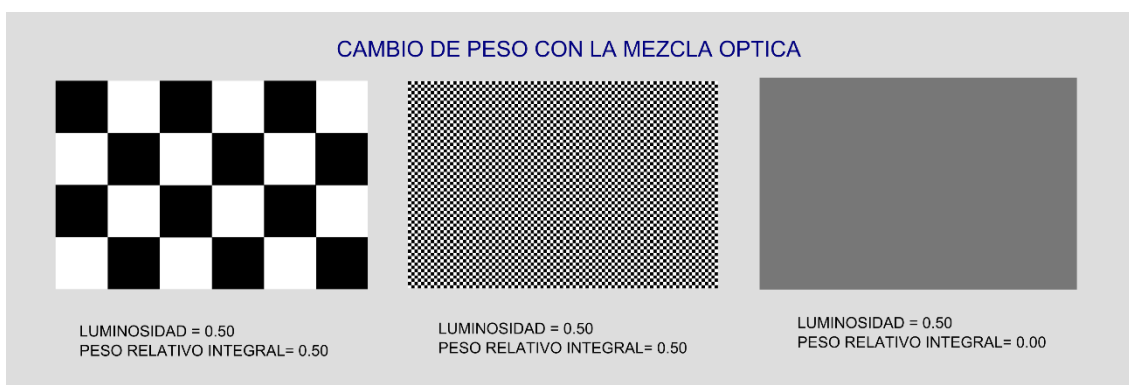


Figura 490

Variabilidad de peso en una imagen integral en el transcurso del tiempo

Dado que el peso va desde 0 hasta 0.5, en la variabilidad de una escena integral en dos tiempos distintos, existirá una variabilidad máxima cuando exista una diferencia de peso de 0.5 y no existirá variabilidad de peso cuando los pesos coincidan.

Esto lo podemos expresar en porcentajes de la siguiente forma, daremos un 100% de variabilidad para diferencias de peso de 0.5 y daremos un 0% para cuando coincidan.

También lo podemos expresar en una gráfica con el tiempo en abscisas y la diferencia de peso (numérico o tanto por ciento) en ordenadas (Figura 491).



Figura 491

Equilibrio y desequilibrio máximo

Como sabemos, el equilibrio se alcanza cuando el centro de gravedad coincide con el centro del marco. En una imagen plana de un solo color, como hemos visto el peso integral es cero, dado que no pesa, entonces no tiene centro de gravedad es como mirar una imagen 100% transparente sobre un fondo de un solo color. Por lo tanto el equilibrio solo tiene sentido cuando aparecen al menos dos colores o densidades en la imagen, es decir cuando hay contraste.

El desequilibrio se encuentra en el área comprendida entre 1/2 de alto y ancho (0.5) de la imagen total respecto del centro (Figura 492). Si buscamos la x_{cm} mayor (sobre la derecha de la imagen, ya que es donde existe mayor desequilibrio perceptual) utilizaremos;

$$X_{CM} = \frac{\sum m_{vi} \cdot x_{vi}}{\sum m_{vi}}$$

Por ejemplo, supongamos dos masas (m_1 y m_2), ya que como hemos visto una sola masa no crea desequilibrio y estas ocupan toda la imagen, entonces el desequilibrio en el eje x ; será la diferencia mayor de x_{cm} sobre el x_{centro} de la imagen, o sea cuando x_{cm} sea lo mayor posible, siendo;

$$X_{cm} = (m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2) / m_1 + m_2$$

De lo que obtenemos que X_{cm} será mayor cuando x_1 y x_2 sean lo más grande posible, sin embargo la separación entre x_1 y x_2 de las masas está limitada entre ellas en la imagen integral: Si una masa (por ejemplo m_1) se encuentra limitando con el margen derecho de la imagen, desequilibrando lo máximo posible, es decir su x_1 se encuentra cerca de la longitud total de la imagen (cerca porque al ser masa ocupa un volumen y aunque sea un poco, nunca llega el centro de esta masa a estar en el margen), entonces el centro de la masa restante nunca puede estar en el otro margen de la imagen, ya que esta masa m_2 ocupa todo el volumen que no ocupa la m_1 . Cuanto más pequeño sea el valor de m_1 más se acercará la coordenada x_2 al centro de la imagen, por lo que la distancia máxima entre ellas será $\frac{1}{2}$ de la imagen. Entonces el límite derecho se encuentra a $\frac{3}{4}$ de la imagen.

Por otro lado las masas integrales también están limitadas entre ellas; esto se debe a que cuanto mayor es el volumen, la densidad integral, es decir la diferencia con la luminosidad media es menor.

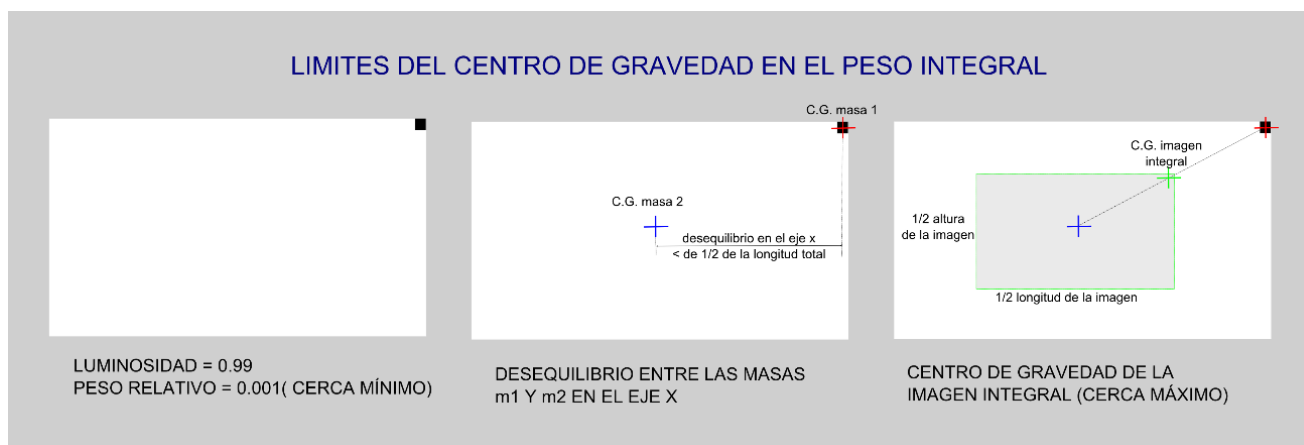


Figura 492

Sí la masa se define como; $m = d \cdot v$ y, $v_{total} = I$; para dos masas m_1 y m_2 ;

$$m_1 = d_1 \cdot v_1 \quad ; \quad m_2 = d_2 \cdot v_2 = d_2 \cdot (I - v_1)$$

Supongamos una diferencia de densidad máxima entre las masas de 1, entonces, cuando v_1 se acerca a 1 (d_1 integral o diferencia respecto de la luminosidad media se acerca a 0); y cuando v_2 se acerca a 0 (d_2 integral se acerca a 1)

Integral	Valores m_1										
Volumen	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Densidad	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1	0
Masa 1	0	0.09	0.16	0.21	0.24	0.25	0.24	0.21	0.16	0.09	0
Integral	Valores m_2										
Volumen	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Densidad	0	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Masa 2	0	0.09	0.16	0.21	0.24	0.25	0.24	0.21	0.16	0.09	0

Aquí el valor máximo de las masas es cuando $d=0.5$ y $v=0.5$, (la mitad de la imagen blanca y la mitad negra) $m_1= m_2= 0.25$, y el peso máximo; $m_1+m_2= 0.5$, pero aquí $x_{cm}= x_{centro}$ de imagen.

Si volvemos a la diferencia de volumen máximo (cuando v_1 tiende a v_{total})

Y sabiendo que $m_1= m_2$; entonces x_{cm} tiende a 0.75 (a $\frac{3}{4}$ de x)

Por ejemplo para $m_1= m_2=0.01$:

$$X_{cm} = (m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2) / m_1 + m_2 = (0.0099 + 0.0049) / 0.02 = 0.74$$

Dado que utilizamos marcos de imágenes rectangulares y simétricos, los límites también son simétricos en los dos sentidos, es decir el límite de máximo desequilibrio se encuentra en el marco formado entre las distancias de $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la longitud y la altura de la imagen, y en esta situación el peso relativo es prácticamente despreciable (Figura 493).

Por lo tanto, el peso máximo se conseguirá cuando la imagen esté equilibrada y el desequilibrio máximo se conseguirá cuando el peso relativo sea prácticamente despreciable.



Figura 493

Variabilidad del centro de gravedad en imágenes integrales

La variabilidad del centro de gravedad de una imagen integral respecto de otra se puede expresar de diversas formas:

- Mediante la distancia entre respectivos centros en magnitud absoluta.
 - o Sabiendo que la distancia máxima entre ellos es la diagonal de la mitad de la imagen
- Mediante la distancias sobre sus respectivos ejes (x e y)
 - o Dado que el eje x es más significativo para el desequilibrio esta información puede ser muy útil.
 - o Sabiendo que la distancia máxima entre ellos es la mitad de la imagen en el eje x y la mitad en el eje y.
- En tantos por cientos (tanto magnitud absoluta o referida a ejes)
 - o Sabiendo cuales son los límites estos se establecen como el 100% y en función de estos se establece el %.
- También se puede establecer la variabilidad entorno al centro geométrico de la imagen y definir la tendencia (sobre que cuadrante recae el centro desequilibrado)
- Se puede representar la variación del centro de gravedad en el tiempo dejando impresas las huellas de los centros de gravedad anteriores con el fin de seguir el recorrido que realiza a través de la imagen (Figura 494).

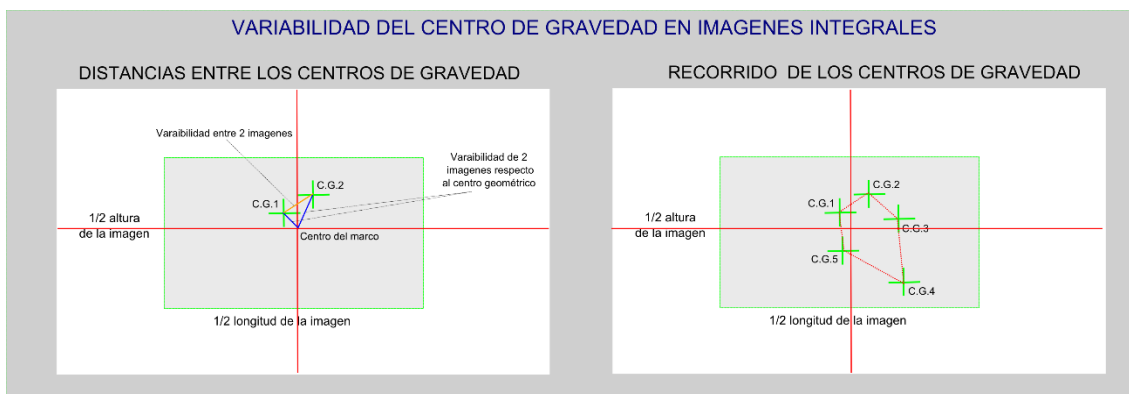


Figura 494

Equilibrio total debido a la cantidad de luz en una imagen integral

Una imagen simétrica siempre se encuentra equilibrada respecto de su eje, debido que al pesar las dos mitades exactamente lo mismo, se equilibran perfectamente. Sin embargo una escena o un objeto simétrico pueden no estar equilibrados en la imagen debido a la luz y/o las sombras que crea esta (Figura 495).

Por lo tanto, un dibujo lineal simétrico siempre estará equilibrado, ya que este tipo de representación no incluye sombras.

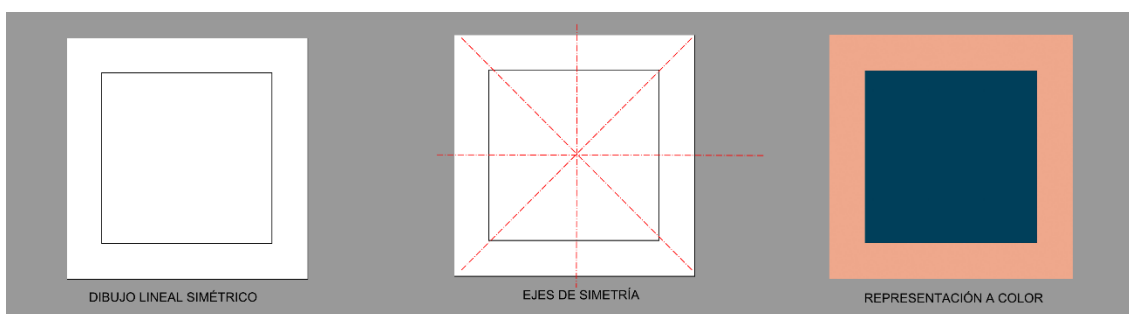


Figura 495

Pero cuando la imagen muestra las diferentes intensidades, colores y sombras debidas a la luz, esta se puede mostrar desequilibrada a pesar de ser la escena o el objeto que representa simétricos. Evidentemente la imagen no se encuentra equilibrada, ya que las densidades de los colores cambian y las sombras añaden nuevas delimitaciones (Figura 496).

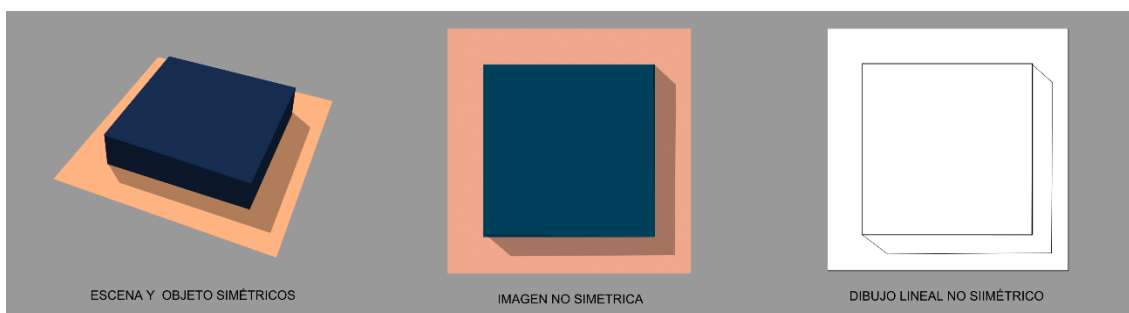


Figura 496

Establecemos que una imagen integral está totalmente equilibrada debido a la cantidad de luz cuando su centro de gravedad coincide con el centro de la imagen, y cuando su luminosidad media y su peso relativo medio están en su punto medio o de equilibrio también. La luminosidad o densidad media en una imagen puede ir desde 0 hasta 1, por lo tanto estará equilibrada cuando se establezca en 0.5. En cuanto al peso relativo de una imagen integral, como hemos visto puede ir desde 0 hasta 0.5, por lo tanto su punto de equilibrio se encuentra en el valor de 0.25. Entonces, cuando todas las magnitudes que definen el peso de una imagen están en equilibrio decimos que está en equilibrio total. Por ejemplo, la representación simétrica a color de la figura cuadrada anterior cumple estas condiciones.

En el caso de una escena arquitectónica simétrica ocurre lo mismo; su representación lineal y el esquema mental pueden ser el de un elemento simétrico, sin embargo una imagen visual suya puede estar desequilibrada, siendo la luz una de las causas que puede provocar este desequilibrio (Figura 497).

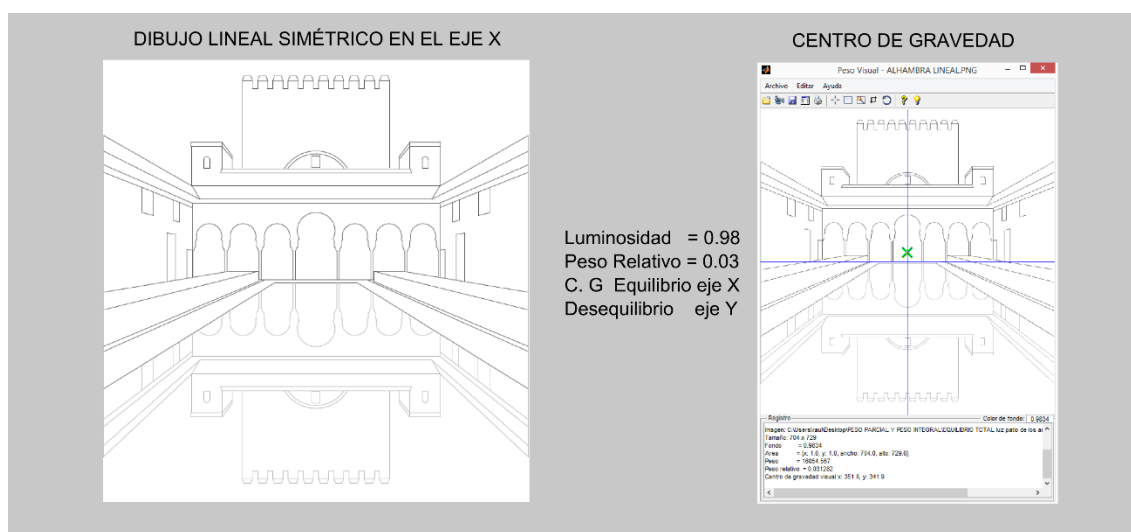


Figura 497

En el ejemplo de la representación lineal de la imagen del Patio de los Arrayanes de la Alhambra que ha sido realizado a partir de una fotografía obtenida del libro *Arquitectura islámica en Andalucía*³³⁶, podemos ver como al ser simétrico en el eje "x", se encuentra perfectamente equilibrada en este sentido (Figura 498). Sin embargo, en la imagen diurna existe un desplazamiento sobre su eje simétrico debido a que la iluminación natural del sol se encuentra desviada respecto este eje, de tal forma que crea unas sombras y variación de intensidades sobre este eje que desequilibra la composición. Sin embargo, en este ejemplo concreto podemos comprobar que el equilibrio sobre el eje vertical es adecuado debido a la compensación de masas arriba-abajo.

³³⁶ BARRUCAND, Marianne; BEDNORZ, Achim. 1992. *Arquitectura islámica en Andalucía* (Colonia: Benedikt Taschen Verlag GmbH)



Figura 498

Las formas de evitar este problema serian:

- Captar la imagen cuando la iluminación o el sol, coincide con el eje de simetría. Algunas veces no puede realizarse por ser prácticamente imposible.
- Crear una composición donde los efectos de la iluminación estén equilibrados, es decir que el peso creado por las sombras a una parte del eje quede equilibrado por el peso creado por la parte iluminada en la otra parte del eje (Figura 499).



Figura 499

- Captar la imagen con una luz homogénea, como en un día nublado o con el sol tapado. En este caso, existe equilibrio respecto el eje de simetría "x", pero no en el vertical "y". Esta imagen además posee un equilibrio particular porque su centro geométrico coincide con el punto de fuga (Figura 500).



Figura 500

Además en nuestro ejemplo de escena, podemos jugar con la dimensión, el brillo y el contraste de la imagen para conseguir que quede totalmente equilibrada. Aquí, aunque la imagen está equilibrada totalmente en cuanto a la cantidad de luz, observamos que el equilibrio de intensidad y temperatura del color no es perfecto y que el punto de fuga no coincide con el centro de gravedad, por otro lado la simetría tampoco es perfecta en el eje horizontal (Figura 501).

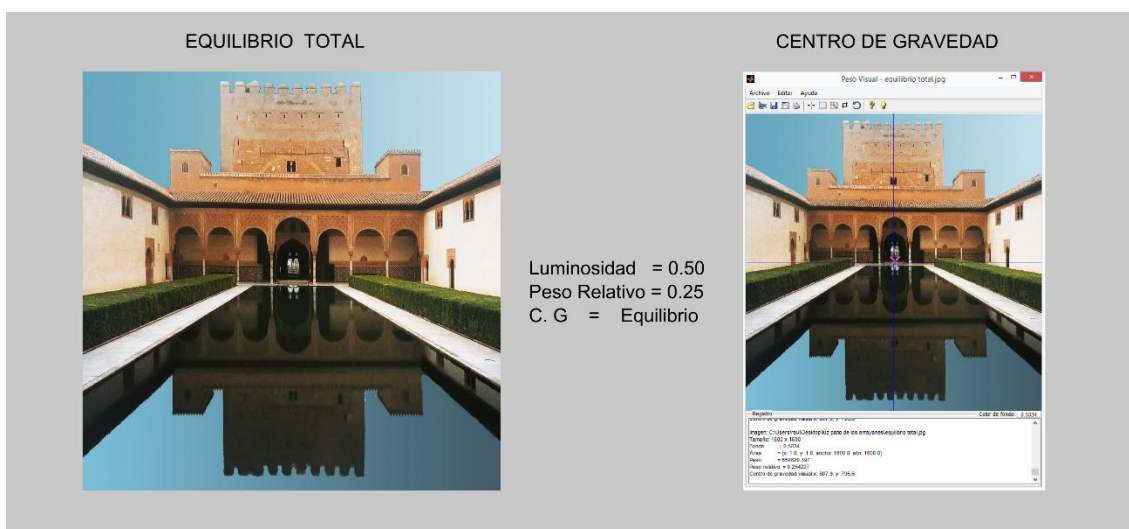


Figura 501

6.2.18.2. Peso Parcial

Como vimos, el peso parcial se establece cuando realizamos una segregación de fondo y figura sobre la imagen visual, siendo el fondo el elemento que establece la luminosidad neutra o densidad cero.

Peso parcial mínimo y máximo

Parcial mínimo

El peso parcial mínimo sería aquel en el que reconociendo la figura sobre su fondo, sea el menor posible. Por lo tanto, cuanto menos tamaño tenga la figura y cuanto menos contraste con su fondo menor será su peso relativo. En este límite, se puede establecer como muy cercano a cero (Figura 502).



Figura 502

Parcial máximo

El peso máximo por lo tanto se obtendrá por un lado, cuando exista mayor contraste entre figura y fondo, y por otro, cuando la figura sea lo más grande posible.

El contraste máximo de densidad se obtiene con blancos y negros puros o viceversa. En cuanto a la superficie máxima de la figura sería el de una figura ocupando el 100%, y aunque la imagen no tiene fondo, se entiende un fondo perceptual con contraste máximo, en este caso el peso máximo sería 1. Dado que nos interesan sensaciones directas, el fondo debe ocupar un tanto por ciento. Por ejemplo, ocupando la figura el 90% en el centro de la imagen se percibe el fondo, aunque en este caso el fondo puede ser interpretado como figura, o como un marco. Ocupando 2/3 (66%), ocurre lo mismo que lo anterior pero menos acentuado. Con 1/2 (50%) se percibe correctamente y a partir de este porcentaje y en adelante todo fondo es válido (Figura 503).



Figura 503

Por lo tanto, un fondo adecuado ocuparía al menos el 50% de la imagen y para esta proporción figura/fondo el peso relativo parcial máximo es de 0.5.

Variabilidad del peso parcial

La interacción del color de Josef Albert

El peso de una figura cambia en función del fondo en el que se muestre y de la misma forma que cambia el peso, cambia su centro de gravedad. Si observamos los siguientes ejemplos podemos comprobar como una misma figura cambia de peso y de C.G, según cambia su fondo (Figura 504).



Figura 504

Esto se debe a que el contraste de luminosidad entre figura y fondo es diferente en cada imagen. Por lo tanto, siempre existirá variabilidad en el peso parcial de una figura cuando su fondo se muestre variable y será mayor cuando el contraste entre la luminosidad de la figura y del fondo sea mayor. De la misma forma, el hecho de que cada elemento de la figura pese de forma diferente cuando cambia su fondo, provoca que su centro de gravedad cambie en función de la densidad de cada fondo nuevo y la distribución de luminosidades relativas en la figura.

Como podemos observar, en el contraste figura-fondo el peso visual expresa numéricamente cómo funciona la interacción del color, en torno a la luminosidad, tal y como describió perceptualmente Joseph Albert³³⁷ en su libro “*La interacción del color*”. Un mismo color con fondos diferentes puede perceptualmente parecer igual, esto se debe a que el peso relativo en las dos figuras es el mismo (Figura 505). Dado que el tamaño y forma de la figura es el mismo, lo que cambian son los colores, es decir en este caso las luminosidades, por lo tanto lo que se mantiene es la luminosidad relativa o contraste de luminosidades entre estos.

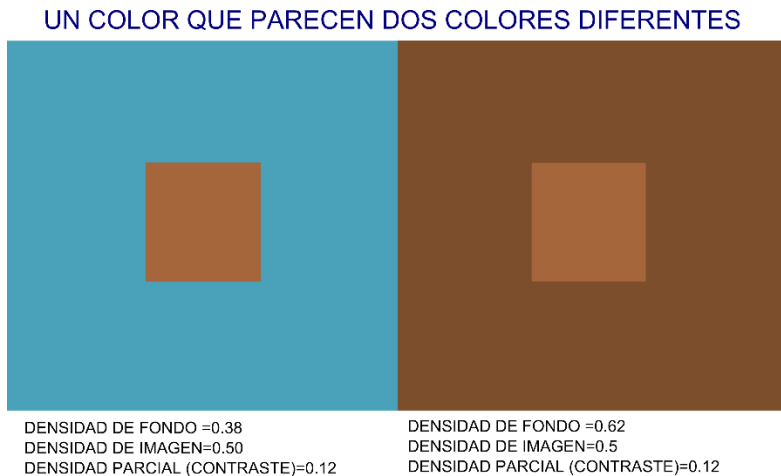


Figura 505

Por otro lado, dos colores diferentes con diferente fondo pueden parecer iguales, en este caso también se mantiene el peso relativo en ambas imágenes. Los colores de las figuras son diferentes, pertenecen al mismo tono pero tienen diferente luminosidad pero mantienen la misma luminosidad relativa (contraste) con su fondo. Al ser de igual forma y tamaño, perceptualmente nos parecen el mismo (Figura 506).

³³⁷ ALBERS, Josef. 1988. *La interacción del color*. (Madrid: Alianza Forma)

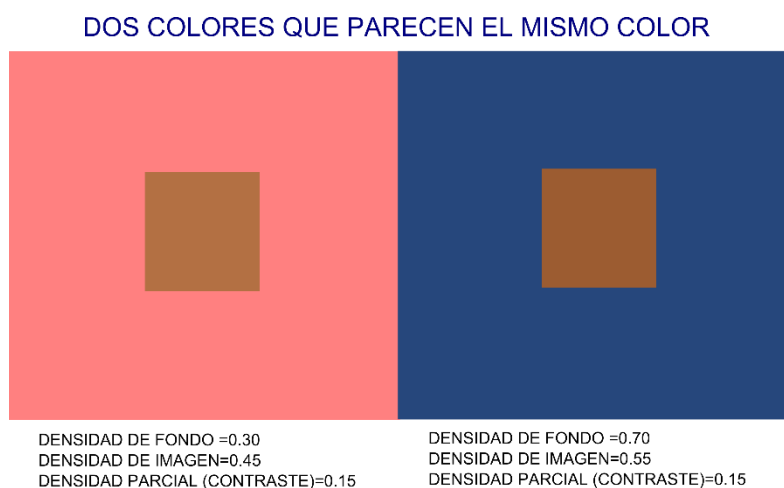


Figura 506

El contraste cuantitativo de Itten

Itten en su obra *Kunst Der Farbe*³³⁸ hace referencia a los contrastes de colores como vimos en (5.3.3.4). Sobre los contrastes definía *el contraste de claridad* (luminosidad) como el contraste por excelencia donde se pone en juego colores claros frente a colores oscuros. En este contraste el más acusado es el contraste blanco/negro.

Por otro lado, dentro de otros tipos de contrastes establece *el contraste cuantitativo*, el cual tiene en cuenta a parte del color, las relaciones de tamaño en la superficie coloreada. Por lo tanto, es una relación basada en el logro del equilibrio máximo, de tal manera que ninguna figura de color tenga preponderancia sobre otra en la imagen. En este caso los dos factores determinan la fuerza de expresión de un color son la luminosidad y tamaño que ocupa en la composición o en la imagen visual. Es decir, lo que nosotros hemos denominado el peso visual.

Itten y Goethe

Es un contraste de proporciones. Según Goethe en grados de luminosidad las equivalencias serían, el amarillo=9, el naranja=8, el rojo=6, el violeta=3, el azul=4 y el verde=6. El amarillo, siendo tres veces más luminoso, debería ocupar una extensión tres veces más pequeña que su complementario violeta

En los siguientes ejemplos mostramos de trabajos realizados por Ellen Marx³³⁹ en torno al contraste cuantitativo de Itten. Donde podemos comprobar que al comprobar sobre dichas imágenes el peso visual con PV, quedan equilibradas con solo un pequeño margen de descuadre.

En la primera imagen (Figura 507) mostramos un equilibrio con luminosidades y tamaños iguales, para un fondo medio.

³³⁸ ITTEN, Johannes. 1961. *Kunst der Farbe* (Ravensburg, Alemania: Otto Maier Verlag). Versión inglesa condensada por Ernst van Hagen, *The elements of color*, ed. F. Birren (Nueva York: Van NostrandReinhold, 1970)

³³⁹ CAIVANO, José Luis. 2004. *Armonías del color* (Argentina: Grupo Argentino del Color)

EQUILIBRIO MEDIANTE EL CONTRASTE DE CANTIDAD CON LUMINOSIDADES Y TAMAÑOS IGUALES

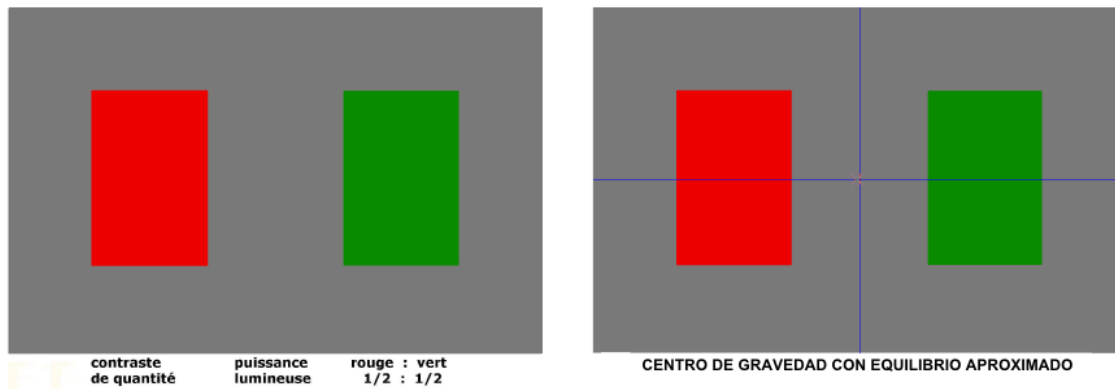


Figura 507

En la segunda imagen (Figura 508) mostramos un equilibrio con luminosidades y tamaños diferentes, donde una luminosidad mayor equilibra un tamaño más grande para un fondo gris.

EQUILIBRIO MEDIANTE EL CONTRASTE DE CANTIDAD CON LUMINOSIDADES Y TAMAÑOS DIFERENTES

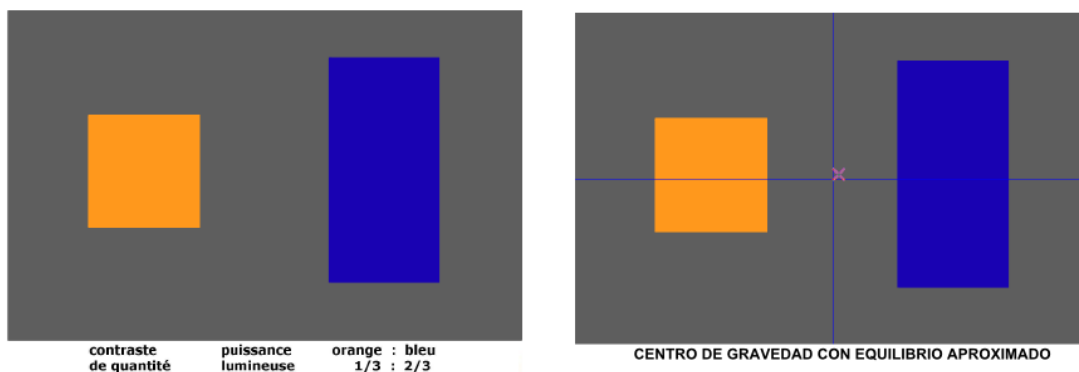


Figura 508

El tamaño del marco para un fondo homogéneo

La relación de tamaño figura-fondo también influye en el peso parcial. Si en una misma escena con fondo homogéneo recortamos el marco de la imagen, entonces el peso de la figura varía en función del recorte realizado, aunque el C.G se mantiene en la misma posición relativa de la figura, tal y como podemos observar en el siguiente ejemplo (Figura 509).



Figura 509

Esto se debe a que según recortamos el marco, la figura cobra más presencia, ya que su tamaño relativo es mayor, y esto hace que pese más. Evidentemente si el fondo no es homogéneo el peso puede variar más y en este caso también el centro de gravedad. El caso de fondos heterogéneos lo trataremos más adelante.

Variabilidad de peso en una imagen parcial en el tiempo

Dado que el peso puede ir desde 0 hasta 1 (aunque lo normal es que no supere el 0.5 como acabamos de ver), en la variabilidad de una escena parcial en dos tiempos distintos existirá una variabilidad máxima cuando exista una diferencia de peso de 1 y no existirá variabilidad de peso cuando los pesos coincidan.

Esto lo podemos expresar en porcentajes de la siguiente forma, daremos un 100% de variabilidad para diferencias de peso de 1 y daremos un 0% para cuando coincidan.

También lo podemos expresar en una gráfica con el tiempo en abscisas y la diferencia de peso (numérico o tanto por ciento) en ordenadas (Figura 510).



Figura 510

Centro de gravedad parcial

El centro de gravedad tiene el rango de toda la imagen, es decir puede encontrarse a lo largo y ancho de toda la imagen (quitando la parte del grosor de la figura respecto su CG). Sin embargo, el centro de gravedad suele recaer dentro del perímetro que unen los vértices (y delimitaciones cuando hay curvas) que definen exteriormente la figura (Figura 511).

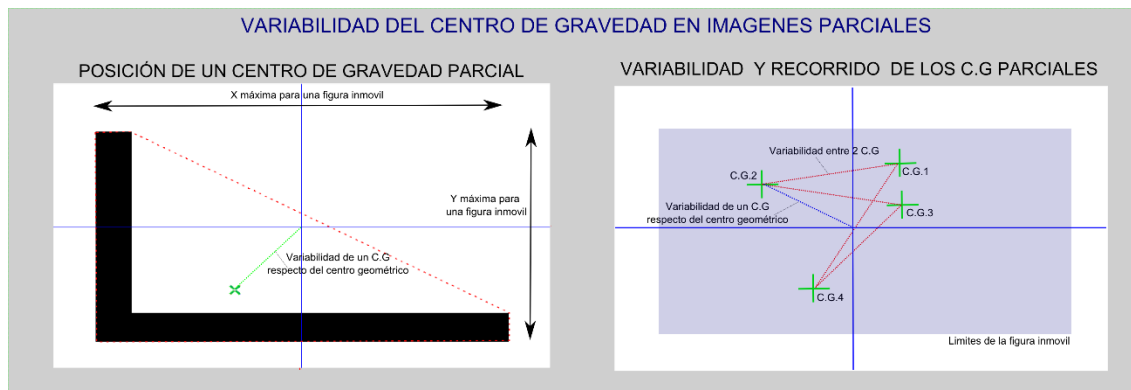


Figura 511

Esto quiere decir que el desequilibrio máximo sobre la figura queda establecido en el eje x sobre la longitud máxima de la figura y sobre el eje y sobre la altura máxima de esta.

Por lo tanto, a la hora de estudiar la variabilidad de equilibrio en una figura que no se mueve podemos utilizar estos límites como una buena referencia de la variabilidad denominándolo variabilidad del C.G sobre la figura.

Imágenes parciales con fondos irregulares

Cuando la imagen tiene un fondo regular el cálculo de la imagen parcial no implica problemas. Un fondo regular puede estar compuesto por un color plano o por una textura. En el caso de colores planos, la luminosidad de fondo es la luminosidad de dicho color. Cuando estamos ante fondos de texturas regulares, lo ideal es calcular su luminosidad media mediante una muestra entendida como imagen integral, como vemos en el siguiente ejemplo (Figura 512).

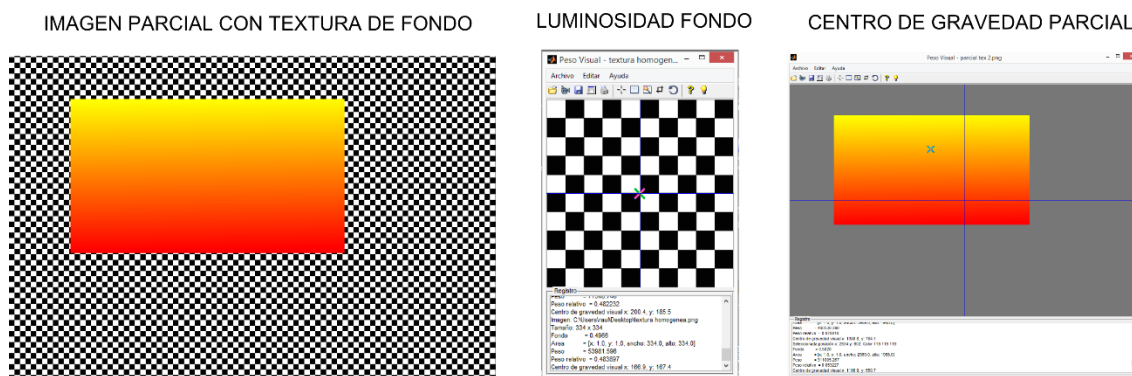


Figura 512

Peso simplificado

Cuando el fondo no tiene un alto grado de irregularidad, se puede utilizar un método simplificado, parecido al utilizado al de textura de fondo. En este caso, al ser el fondo irregular, para determinar su luminosidad media se calcula como imagen integral en su totalidad. Para ello, es indispensable entender que la figura no forma parte de la imagen, es decir no tiene peso, ni ocupa volumen en ella. Este proceso lo podemos observar en el siguiente ejemplo (Figura 513).

DETERMINACIÓN DEL C.G. DE UNA FIGURA CON FONDO IRREGULAR



Figura 513

En el estudio de figuras arquitectónicas podemos operar de la misma forma, por ejemplo vamos analizar la figura del edificio Zaida de Granada (Figura 514), diseñado por el arquitecto Álvaro Siza.

CALCULO DE UNA FIGURA ARQUITECTÓNICA USANDO EL MÉTODO SIMPLIFICADO



IMAGEN CON FIGURA ARQUITECTÓNICA

FONDO DE LA FIGURA

CENTRO DE GRAVEDAD PARCIAL

Figura 514

Peso dual

Cuando el fondo es muy irregular, este puede afectar al peso y al centro de gravedad de la imagen. Esto ocurre en su máximo grado cuando el fondo queda dividido en dos partes con máximo contraste, es decir un fondo dual blanco y negro. En este caso o similares, con algo menos de contraste o división, deberemos calcular como afecta cada parte del fondo a la figura. En general, este efecto crea que el centro de la imagen parcial no recaiga en el centro de gravedad de la figura, si no que se modifica un poco por la acción de cada parte del fondo (Figura 515).

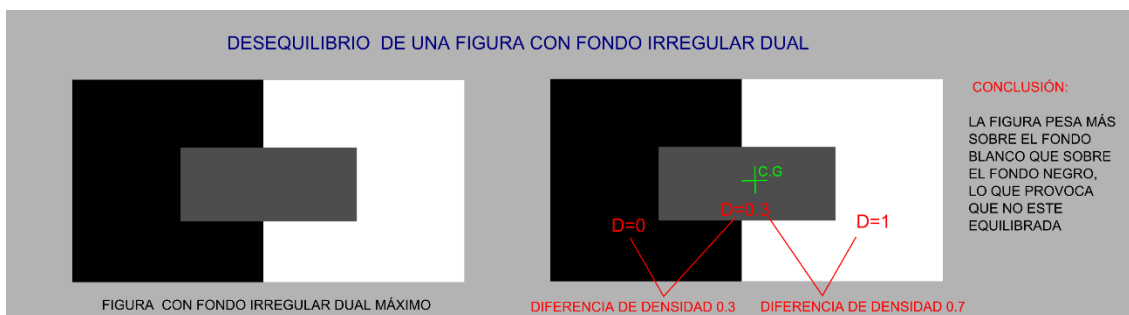


Figura 515

El método utilizado para calcular una imagen parcial dual de forma general es dividir la imagen en dos partes con lo que obtendremos dos centros de gravedad con dos pesos relativos. El peso de la figura con fondo dual y su centro de gravedad será la resultante de estas (Figura 516), es decir el peso será la suma de las dos sub-imágenes (teniendo en cuenta su polaridad, es decir que alguno puede ser negativo y la suma definitiva puede ser en una resta) y el centro se determinará mediante la línea que los une aplicando la ley de la palanca; $P_1 \cdot x_1 = P_2 \cdot x_2$

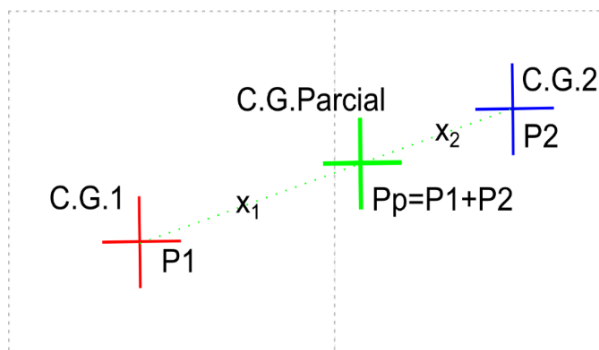


Figura 516

Por lo tanto, en primer lugar se determinan las dos partes duales que conforman el fondo de la imagen y su luminosidad media. En el caso de que cada parte del fondo presente alguna irregularidad entonces se aplica sobre ellas el método simplificado para obtener su luminosidad media. Luego se calculan las dos como imágenes parciales simples y por último se calcula la resultante sobre la imagen total. El peso relativo dual P_{rd} será el resultado de dividir el peso de la figura parcial P_{fp} entre el tamaño total de la imagen T_t .

$$P_{rd} = P_{fp} / T_t$$

Como ejemplo de estudio vamos a utilizar, la figura del acceso al Museo de la Memoria Andaluza de Granada, de Alberto Campo Baeza, y también observaremos la diferencia que presenta con su cálculo mediante el método simplificado, de esta forma podremos observar cómo influye la heterogeneidad dual de un fondo (Figura 517).

PROCESO DE DETERMINACIÓN DEL PESO PARCIAL Y C.G DUAL DE UNA FIGURA ARQUITECTÓNICA

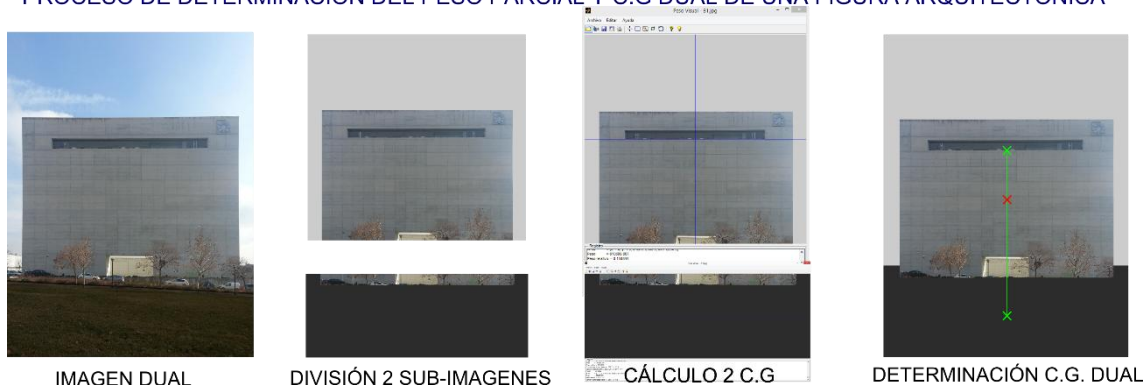


Figura 517

Si ahora comparamos el resultado obtenido, con el que resulta del método simplificado tenemos para la figura en un fondo homogéneo; un peso relativo $Pr=0.03$ y un centro de gravedad C.G (1203,1735), mientras que en el cálculo para un fondo dual tenemos un peso relativo $Pr=0.11$ y un centro de gravedad C.G (1141,1508), tal y como se muestra en las siguientes imágenes (Figura 518).

PESO PARCIAL SIMPLIFICADO Y PESO PARCIAL DUAL



Figura 518

Por lo tanto, obtenemos como conclusión que si el fondo es muy heterogéneo o dual, entonces los valores cambian bastante respecto si entendemos el fondo relativamente homogéneo. En concreto observamos que existe una gran diferencia en el peso relativo, debido a que el fondo dual está muy desequilibrado (existe mucho contraste y sus tamaños y posiciones no están compensados) y por otro lado vemos diferencia en el centro de gravedad por la misma razón, la parte clara del fondo tira con mucha más fuerza de la figura que la parte oscura. En definitiva, si tenemos una imagen con fondo heterogéneo o dual siempre debemos utilizar el método dual, ya que este afecta en gran medida a la figura.

Peso de varias figuras en una imagen

Existen imágenes donde podemos atender a varias figuras que no se encuentre unidas o en contacto respecto un mismo fondo (5.3.7.1). En estos casos, entendemos una figura total formada por la composición de varias sub-figuras separadas espacialmente (Figura 519), es decir;

$$Figura\ total = Figura\ 1 + Figura\ 2 + Figura\ 3 + \dots + Figura\ n$$

Siendo $n =$ el número de figuras atendidas en la imagen.

CENTRO DE GRAVEDAD DE VARIAS FIGURAS SOBRE UN MISMO FONDO

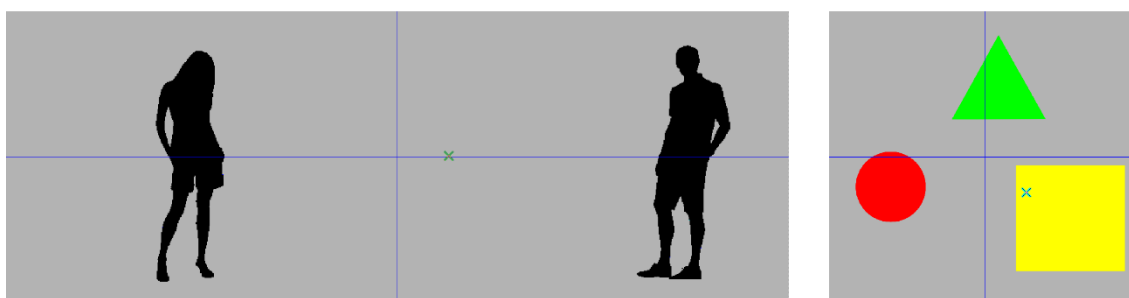


Figura 519

Equilibrio Parcial (Figura/Fondo)

Lo ideal en una imagen parcial (fondo/figura) es que exista equilibrio de fondo y de figura a la vez, es decir que el centro fondo recaiga en el centro de la figura equilibrada. Sin embargo, existen imágenes donde no es posible conseguir esto.

Equilibrio de la figura en la imagen

Cuando el fondo sea irregular, siempre podemos centrar la figura en la imagen recortando o ampliando dicho fondo. En este caso, nuestra intención sería acentuar el centro de la figura sobre el centro de la imagen, aunque el fondo quede desequilibrado (Figura 520).



Figura 520

En esta ampliación o reducción es normal que cambie un poco la densidad media o luminosidad media del fondo, afectando también un poco al cambio del centro de gravedad la figura.

Equilibrio de fondo

Sobre el fondo irregular o heterogéneo de una imagen podemos calcular su densidad media y centro de gravedad (Figura 521). Observamos que en muchos casos su centro de gravedad no coincide con el centro de la imagen.



Figura 521

Para solucionar este problema, podemos recortar o ampliar dicho fondo, sin tocar la figura, de tal forma que este quede equilibrado. Cuando nos interesa acentuar el conjunto de la figura sobre un fondo equilibrado entonces debemos realizar esta operación, no obstante la figura puede quedar desequilibrada sobre el marco de la imagen.

Luego, la figura tendrá su centro de gravedad, el cual no tiene que coincidir con el centro de gravedad de toda la imagen.

De la misma forma que en el caso anterior, debemos tener en cuenta que en la ampliación o reducción cambia un poco la densidad media y por lo tanto afecta también un poco a la figura.

Equilibrio Total de Figura y Fondo

El equilibrio de una imagen con figura y fondo será aquél en el cual se encuentre equilibrada tanto la figura como el fondo, es decir el centro de la figura coincide con el centro del fondo y con el centro del marco de la imagen (Figura 522).

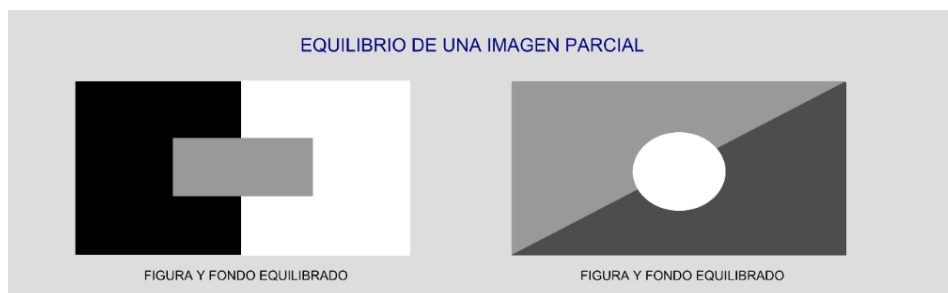


Figura 522

Denominaremos equilibrio total, si además de cumplir las condiciones anteriores el peso relativo de la figura es de 0.25. Este peso coincide con una figura que ocupa la mitad de toda la imagen con un contraste o densidad de la mitad del máximo, es decir;

$$Peso = Volumen \cdot Densidad = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$$

En el siguiente ejemplo (Figura 523) podemos observar estas cualidades en una imagen al segregar visualmente la figura del fondo.

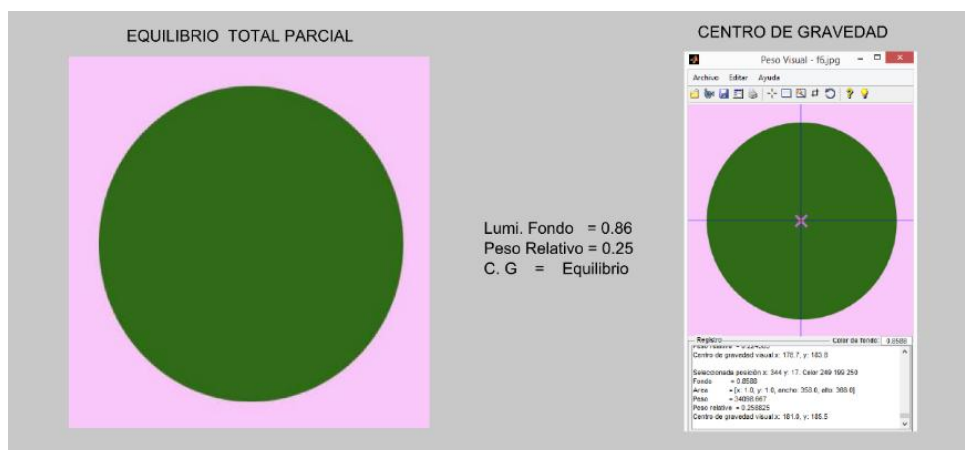


Figura 523

6.2.19. EJEMPLO DE ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO DE UNA COMPOSICIÓN USANDO PV

En la siguiente composición introducida como imagen digital (Figura 524a) en el software PV podemos comprobar cómo se encuentra bastante desequilibrada para su escenario con fondo blanco.

Para equilibrar la composición podemos incluir una o varias formas en el cuadrante contrario a donde se sitúa el CG. El color y las dimensiones de estas formas se eligen en función de las intenciones compositivas. Evidentemente el re-equilibrio no será perfecto por lo que podemos pedirle al programa que recorte la imagen y la deje equilibrada (Figura 524b).

EJEMPLO DE UTILIZACIÓN DE "PV" EN EL EQUILIBRIO DE COMPOSICIONES PLANAS

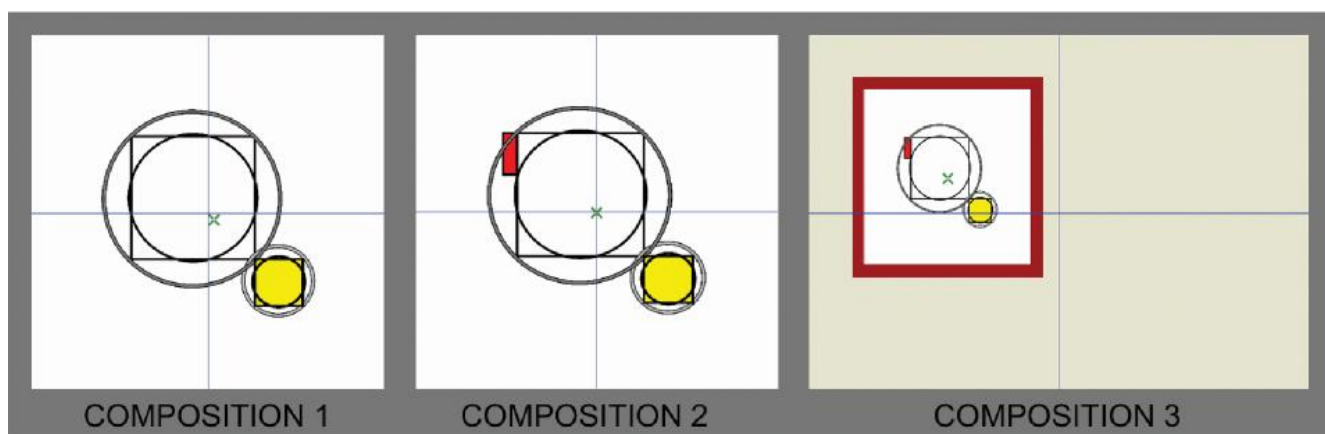


Figura 524

A la hora de colocar a la composición un marco, debemos saber que este influirá sobre el peso de la composición, sin embargo, si este es regular, el CG no variará, manteniendo su posición de equilibrio. Por otro lado, siempre puede darse el caso que la intención sea crear desequilibrio. Si por ejemplo, hemos decidimos utilizar el fondo de la pared para ello,

solo hay que desplazar la posición del marco hacia la dirección donde queremos crear dicho momento (Figura 524c). De esta forma el cuadro sobre la pared mostrará cierto desequilibrio de sobre el polo de balance, mientras que cuando nos centremos exclusivamente en la composición esta se mostrará con total equilibrio.

6.2.20. EJEMPLO DEL DISEÑO DE UN LOGOTIPO USANDO PV

A continuación, vamos a ver cómo se puede utilizar el peso visual en el diseño gráfico, en este caso en el diseño de un logotipo.

El peso visual nos puede servir tanto para ayudarnos a conseguir un diseño equilibrado, como lo contrario, por lo tanto, también nos puede ayudar a desequilibrar al máximo una composición si ese es el objetivo.

Para nuestro ejemplo, vamos a simular un encargo para el diseño de la marca "zin" donde se nos pide, un logotipo monocromático que esté totalmente equilibrado, y que a su vez transmita cierta energía y dinamismo.

Por un lado, el dinamismo, tal y como vimos al estudiar las formas (5.3.4) y la acción direccional (6.1.7.3), se puede conseguir con líneas dirigidas de forma oblicua y la direccionalidad variable, trazando figuras con sus ejes direccionales no paralelos y no coincidentes con nuestros ejes de referencia de estabilidad (el horizontal y el vertical). El concepto de energía (6.2.17) lo utilizaremos provocando que la direccionalidad sea ascendente.

Por otro lado, el equilibrio de la composición se estudiará mediante el peso visual donde trataremos que el centro de gravedad visual del logotipo este totalmente equilibrado, es decir que su centro de gravedad coincida con el centro geométrico del marco del diseño.

Para empezar, realizamos un primer boceto en negro sobre blanco reflejando las intenciones de la propuesta. Dado que el logotipo podrá ir impreso sobre cualquier fondo y utilizando diversos colores. Hemos decidido utilizar un contraste de luminosidad total, es decir blanco/negro. Donde la figura negra de referencia tendrá un peso máximo que nos servirá de índice sobre un fondo blanco. En la composición hemos decidido enmarcar el logotipo sobre una circunferencia y hemos situado un foco direccional en la parte superior de forma inclinada. El boceto queda como se muestra (Figura 525a) y al comprobar su peso visual tenemos la siguiente respuesta:

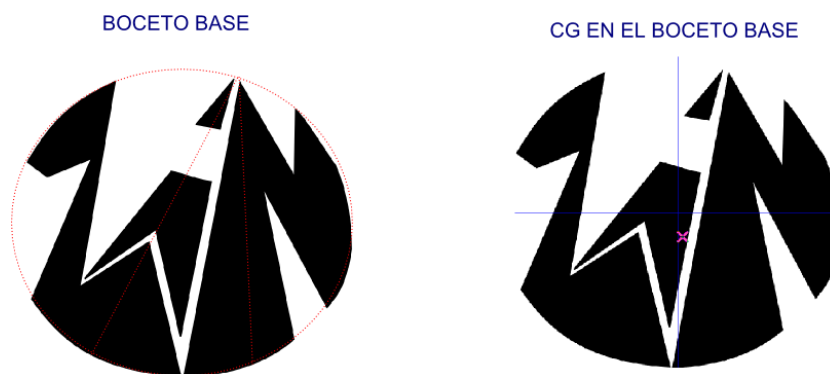


Figura 525

Para la figura con un fondo blanco (1.0) sin peso alguno obtenemos un peso relativo de 0.5129, es decir un valor muy cercano al equilibrio lumínico, por lo que nos es válido. Sin embargo, el centro de gravedad, como podemos observar

queda muy por debajo del eje central y un poco desviado hacia la izquierda (Figura 525b). Por lo que, vamos a intentar corregir estos desequilibrios.

En este caso, por un lado vemos que las masas negras tienden a bajar el centro de gravedad de la composición, mientras que la gran masa de la figura *N* de la derecha, también tira de la composición hacia su lado. Por lo tanto, debemos subir masas sobre el eje horizontal y dejar mejor equilibradas la figura *Z* respecto de la figura *N*. Esto implica variar el diseño y darle un retoque para conseguir el objetivo propuesto, quedando de la siguiente forma (Figura 526a):



Figura 526

En este caso, hemos centrado bastante el diseño, pero no lo hemos dejado totalmente equilibrado, como podemos observar el CG, todavía queda algo por debajo del eje horizontal y un poco desviado a la izquierda (Figura 526b). Por lo pasamos a darle una vuelta más, intentando mejorar la fuerza de la composición a la vez que el equilibrio de está.

De esta forma y añadiendo alguna modificación más llegamos a un resultado satisfactorio como podemos observar en el logotipo (Figura 527a):

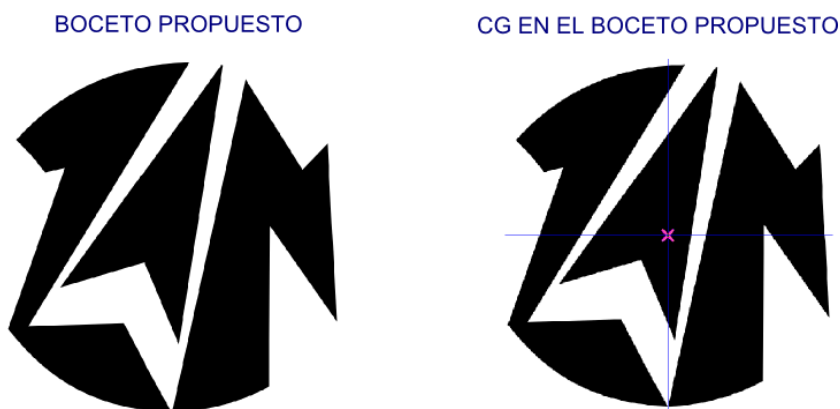


Figura 527

No obstante, aunque este es el boceto que se presentará como propuesta, eso no quiere decir que le guste totalmente a la compañía. De hecho, pueden existir conceptos o intenciones de la empresa que no queden totalmente representados en este boceto de su logotipo. No obstante, los conceptos de direccionalidad, energía y equilibrio visual los cumple perfectamente (Figura 527b).

En el boceto propuesto el peso relativo de la figura para un fondo blanco es de 0.539, es decir muy aproximado a 0.5, y lo damos por válido. No obstante, este valor descenderá cuando se utilicen otros fondos, o se le de color a las figuras, ya que en este caso el contraste de luminosidad será menor. En el siguiente ejemplo (Figura 528) observamos diferentes variantes entre fondo figura que puede adoptar el logotipo manteniendo el equilibrio, e incluso mostramos un último ejemplo donde utilizando diversos tonos con igual luminosidad, le otorgamos más intensidad y un contraste por calidez, a la flecha del medio, ya que el color elegido tiene un valor de croma elevado para esa luminosidad y una temperatura muy cálida en comparación con los otros dos colores.

EJEMPLOS DE PRESENTACIONES DEL LOGOTIPO

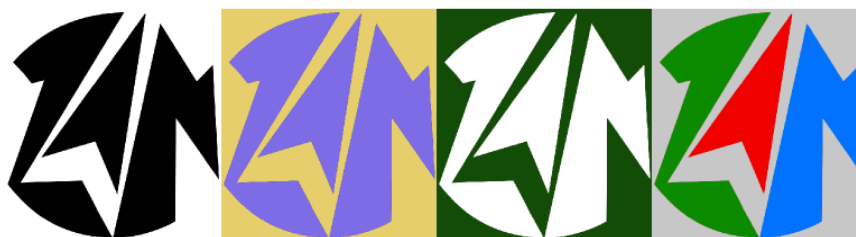


Figura 528

6.2.21. EJEMPLO DEL DISEÑO DE UN CARTEL USANDO PV

A continuación, vamos a ver cómo se puede utilizar el peso visual en el diseño gráfico publicitario, en este caso en el diseño de un cartel.

De la misma forma que en el diseño de logotipos, el peso visual en el diseño de carteles nos puede servir tanto para ayudarnos a conseguir un diseño equilibrado, como desequilibrado. También, nos puede servir para concentrar el peso del diseño en un punto concreto de la imagen, generalmente donde queremos que recaiga la fuerza del cartel, sobre todo cuando ese punto tiene una significatividad relevante en la composición o en el mensaje publicitario.

Para nuestro ejemplo, vamos a simular un encargo del cartel para el *Festival Internacional de Música y Danza de Granada* del año 2016, donde se nos pide un cartel sencillo, donde se debe utilizar una imagen que se nos ofrece del Palacio de Carlos V de La Alhambra de Granada, al cual se desea homenajear y se quiere presentar como centro de referencia para esta edición del festival.

En primer lugar, lo que vamos a realizar es mostrar la imagen que se nos ha entregado (Figura 529a) y sobre ella vamos a calcular el peso y su centro de gravedad (Figura 529b) para analizar la composición:

IMAGEN SUMINISTRADA



CG SOBRE LA IMAGEN SUMINISTRADA



Figura 529

Sobre esta imagen observamos que tiene una luminosidad media de 0.37 y que su peso relativo como imagen integral es de 0.2298. Utilizamos la imagen como integral, ya que entendemos que todo lo que aparezca en el cartel es figura, es decir todo cuenta. En estas condiciones, vemos que la luminosidad está un poco baja respecto de la media con un 13% de desfase, y por otro lado, que el peso relativo, también está un poco por debajo con algo más de un 4% de desfase respecto del valor medio.

En cuanto al centro de gravedad, vemos que aunque la imagen no es totalmente simétrica, existe algo de asimetría y por lo tanto, algo de direccionalidad, está centrada respecto del eje horizontal, aunque se encuentra descentrada hacia abajo respecto del eje vertical.

Por otro lado, en cuanto a los requerimientos del cartel, son los siguientes; debe ser vertical con una proporción de 2/3 y en él debe aparecer el nombre del festival y las fechas de su celebración.

Nosotros vamos a intentar crear un centro de interés circular haciendo referencia a la forma en planta del patio del palacio, situado sobre el centro del cartel, y que el centro de gravedad recaiga también el punto central del mismo.

Por lo tanto, crearemos una composición radial, entorno al centro geométrico del cartel, teniendo como referencia la forma del palacio. Para conseguir esta forma circular, lo que hacemos es introducir un foco central en el cielo, en torno al cual gire la composición, manteniendo el rasgo asimétrico de la fotografía. La composición base del cartel queda de la siguiente forma (Figura 530a):

CARTEL ESTUDIO 1

CG SOBRE EL CARTEL ESTUDIO 1



Figura 530

Como podemos observar, hemos creado la composición pero sin embargo el foco central, no ha conseguido llevar hasta el centro de la composición el centro de gravedad de la imagen, debido a que las masas oscuras del palacio siguen ejerciendo mucha fuerza sobre la composición (Figura 530b).

Por lo tanto, para conseguir elevar el centro de gravedad, vamos a incrementar el contraste del degradado central del cielo con el fin de que se produzca más contrapeso en la parte alta de la composición y se equilibre.

Realizando, un par de tanteos con diferentes valores, llegamos a la siguiente composición (Figura 531a), donde cómo podemos comprobar (Figura 531b), el centro de la imagen coincide con el centro de gravedad y se sitúa en torno al centro de la composición radial asimétrica, que era nuestro objetivo. Por otro lado, también hemos tratado de mostrar un cartel sencillo, tal y como se pedía en los requerimientos iniciales.

CARTEL ESTUDIO 1

CG SOBRE EL CARTEL ESTUDIO 1



Figura 531

De igual forma, que en el diseño del logotipo. Este cartel es una propuesta que queda a expensas de otros muchos criterios perceptuales e intencionales, por lo que puede gustar más o menos. De hecho utilizando, las mismas

herramientas se puede llegar a propuestas totalmente diferentes y que cumplan de igual forma los objetivos. No obstante, esta composición cumple por completo los requerimientos iniciales.

6.2.22. EJEMPLO DE COMPOSICIÓN DE LA IMAGEN EN MOVIMIENTO USANDO PV

A continuación, vamos a ver cómo se puede utilizar el peso visual en la composición de la imagen en movimiento, en este caso en una toma dinámica de cine.

En este caso vamos a ver como el peso visual puede ser una herramienta muy útil, a la hora de componer tomas en movimiento. El peso visual, puede ayudarnos a establecer el centro de interés en la imagen. Generalmente, en la toma fílmica los escenarios suelen ser complejos y en cada escena suelen aparecer multitud de objetos a los que se les puede prestar atención. El peso visual se establece como una herramienta muy útil para focalizar el centro de interés en un punto de la imagen cinematográfica, o para mostrar el recorrido de una acción.

Evidentemente la intensidad y la temperatura de la imagen también se conforman como herramientas útiles para este fin, sin embargo nosotros en este punto nos vamos a centrar en el peso visual (Figura 532a). En el caso de la temperatura, en Avatar de James Cameron, el autor sobresalta con tonos cálidos los ojos y detalles de cada personaje para darles más énfasis a las expresiones de estos, mientras que los detalles sirven para reconocer mejor los personajes a lo largo de la película (Figura 532b).



Figura 532

Para nuestro ejemplo, vamos a analizar una toma en movimiento y vamos a cambiar algunos elementos para enfatizar el peso visual y su recorrido a lo largo de la toma. En la toma elegida, del cortometraje "Flexibility" de Remedios Crespo (2014), donde se ve uno de los protagonistas subir por una escalera de caracol de derecha a izquierda. En esta toma, la cámara se desplaza un poco en el sentido del movimiento para acompañar la transición del personaje (Figura 533a), dado que el peso visual integral, se desplaza poco en ese sentido (Figura 533b).

FOTOGRAMAS SECUENCIADOS EN EL RECORRIDO DE LA TOMA



CENTROS DE GRAVEDAD EN LOS FOTOGRAMAS SECUENCIADOS



Figura 533

En nuestro caso, vamos a ver como sin la necesidad de mover la camara podemos conseguir un desplazamiento del centro de gravedad para toda la imagen integral, mayor y más significativo que el mostrado. Para ello, vamos a dejar la camara quieta y vamos a darle más contraste a nuestro personaje. En concreto vamos a oscurecer su ropa, que por otro lado, este efecto potenciaría el carácter de este en su papel dentro del cortometraje. El resultado se muestra secuenciado en la imagen (Figura 534a) y en la siguiente secuencia (Figura 534b) podemos ver como se potencia el recorrido del centro de gravedad.

FOTOGRAMAS MODIFICADOS EN EL RECORRIDO DE LA TOMA



CENTROS DE GRAVEDAD EN LOS FOTOGRAMAS MODIFICADOS



Figura 534

Si comparamos el resultado final con el inicial, vemos como el recorrido del centro de gravedad final se ajusta mejor al desplazamiento del personaje, indicado por otro lado, perfectamente por la línea negra que delimita la escalera (Figura 535).

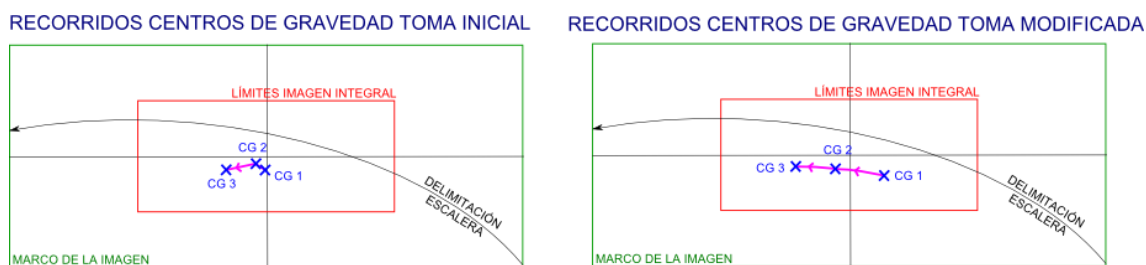


Figura 535

6.2.23. EJEMPLO DE ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE LA LUZ SOBRE UN OBJETO TRIDIMENSIONAL USANDO PV

El cambio de apariencia debido a la variabilidad de la luz sobre el objeto o la escena puede quedar totalmente reflejado mediante el análisis del peso visual.

Con el peso visual podemos observar cómo cambia la luminosidad, el peso relativo y el centro de gravedad de una imagen según va cambiando la luz que la ilumina, ya sea natural, artificial o una mezcla de ambas. Dado que en este ejemplo vamos a estudiar la variación debida exclusivamente al cambio de luz, entonces tanto la perspectiva visual del objeto como los otros factores que afectan al cambio de apariencia serán estables para que podamos obtener variabilidades debidas a la iluminación para todas las imágenes que entren en comparación.

La iluminación de objetos opacos o translúcidos crea sombras. Por lo tanto, la luz que ilumina una escena crea dos tipos de sombras; sombras propias y sombras arrojadas. En las sombras propias el mismo objeto tapa parte de él, oscureciendo el color de la zona en sombra, mientras que en las sombras arrojadas es otro objeto el que tapa y oscurece, y puede darse el caso de que éste no aparezca en la imagen o escena.

Las sombras en general oscurecen la escena, sin embargo, cuanto más oscura es una sombra de forma inversa la zona iluminada suele adquirir mayor intensidad. Por lo tanto la variación de peso dependerá de la composición de la imagen.

En el caso de objetos translúcidos, éstos crean sombras translúcidas que dependen del grado de translucidez y además pueden tener la cualidad de color. Los objetos transparentes no crean sombras, por lo tanto, en el movimiento de luz su variabilidad dependerá de la reflexión y no de su sombra.

Como vimos, los factores que crean variabilidad son los debidos al cambio de la intensidad de la luz, del color de la luz, del tipo de luz y del movimiento de ésta. Por lo tanto, pasamos a analizarlos a través del peso visual con dos modelos simples formados por la figuras de un cubo y una esfera rojas apoyados en un suelo texturado en forma de tablero de ajedrez.

6.2.23.1. Variabilidad debida a la intensidad de luz

El cambio de la intensidad de la luz en la escena, se ve reflejado perfectamente en el cambio del peso visual. Estudiando toda la imagen, es decir estudiando el peso integral, utilizamos como ejemplo la escena del cubo iluminada con una luz con diferentes intensidades según mostramos a continuación (Figura 536):

Imagen	Valor de la	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de
--------	-------------	--------------------	---------------	-----------

	intensidad			Gravedad
A	1	0.35	0.32	406.6, 334.7
B	0.5	0.18	0.17	406.6, 334.7
C	0.25	0.08	0.08	406.6, 334.7
D	0	0	-	-

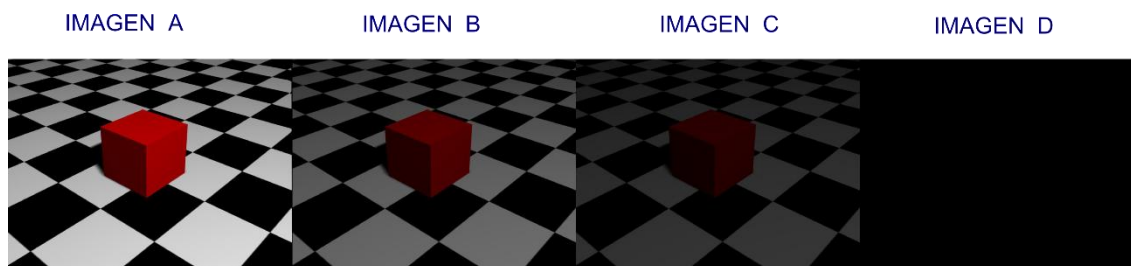


Figura 536

Como podemos observar entre las imágenes A y B, la luminosidad y el peso relativo se reducen en la misma proporción que la intensidad de la luz. Si observamos los datos de la imagen C, vemos como la relación se sigue manteniendo. Si eliminamos la luz, imagen D, evidentemente la luminosidad es cero y no hay peso relativo. Dado que en una imagen integral la variación máxima de peso relativo es de 0.5 entonces, la variación de peso relativo entre A y C ha sido de 0,24, es decir del 48% sobre el 100% posible.

Por otro lado, podemos comprobar como el centro de gravedad se mantiene en el mismo lugar, con la variación de la intensidad. Esto es debido a que la luz y su intensidad afecta a toda la escena por igual.

Si probamos con otra escena con una forma diferente, por ejemplo cambiamos la figura del cubo por la figura de una esfera (Figura 537), vemos que:

Imagen	Valor de la intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
A	1	0.38	0.35	407, 324
B	0.5	0.19	0.18	407,325
C	0.25	0.09	0.09	408, 328
D	0	0	-	-

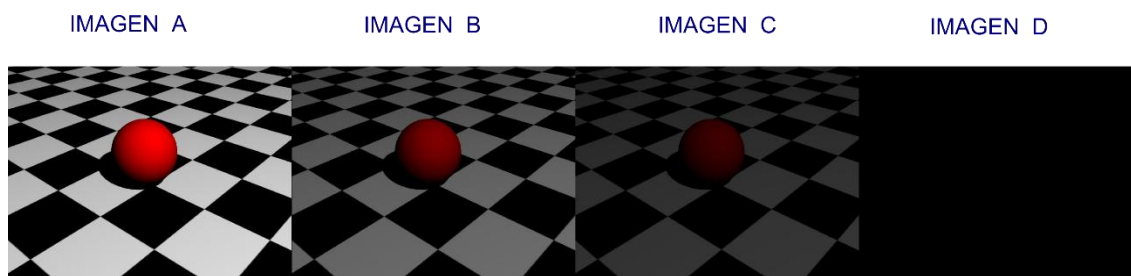


Figura 537

En este caso, el desfase de peso relativo entre A y C es del 52%. De esta forma, comprobamos que para la figura de un objeto diferente se mantienen las relaciones y los centros de gravedad ante la misma variabilidad.

Por lo tanto, obtenemos como conclusión ante la variabilidad de intensidad en la iluminación de una escena que ésta se refleja directamente en el peso visual integral, ya que su variación es proporcional al cambio de luminosidad de la imagen y al de su peso relativo, manteniendo invariable el centro de gravedad con la variación de intensidad.

Si estudiamos la relación de la figura sobre su fondo en vez de la imagen integral, entonces debemos analizar el peso parcial (Figura 538). Obteniendo los siguientes datos:

Imagen	Valor de la intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
A	1	0.36	0.010	344, 285
B	0.5	0.19	0.008	359,278
C	0.25	0.09	0.005	373, 269
D	0	0	-	-

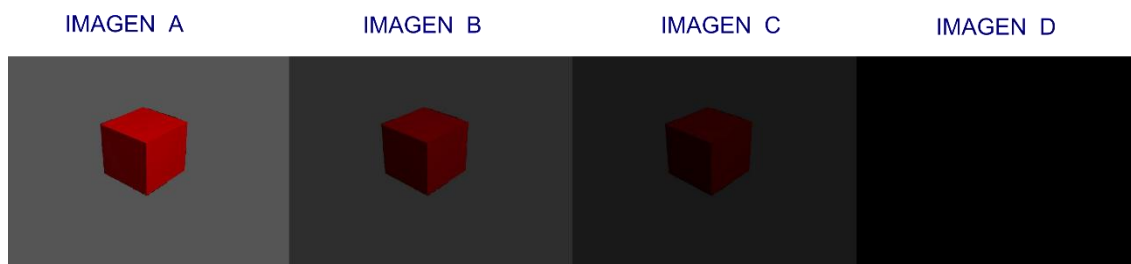


Figura 538

Vemos que la luminosidad mantiene su relación de proporcionalidad, sin embargo el peso relativo aunque desciende progresivamente, no lo hace de forma lineal. El desfase del peso relativo entre A y C es solo del 0.5% debido a que las relaciones fondo-figura van variando a la vez en la misma dirección. En cuanto al centro de gravedad vemos que éste va variando ligeramente, se mueve en dirección *x* hacia el centro y en dirección *y* hacia arriba que es donde se encuentra la fuente luminosa. Esto nos informa de que en este caso las partes iluminadas pesan más cuando la intensidad desciende.

Si comprobamos el peso parcial con la figura de la esfera respecto de su fondo según la intensidad decrece (Figura 539), observamos lo siguiente:

Imagen	Valor de la intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
A	1	0.38	0.007	373, 250
B	0.5	0.20	0.004	368, 256
C	0.25	0.10	0.003	372, 253
D	0	0	-	-



Figura 539

En este caso, comprobamos que la luminosidad de fondo mantiene la proporción, y el peso relativo de la figura mantiene la disminución no lineal. Con un desfase del 0,4%. Esto se debe a que en la figura, el equilibrio de luminosidades junto con sus contrastes disminuye con la disminución de intensidad, aunque de forma no lineal. En cuanto al centro de gravedad observamos que su desplazamiento es mínimo, por lo tanto llegamos a conclusión de que dependiendo de la configuración de la forma de la figura y la luz que lo ilumina puede variar ligeramente el centro de gravedad en función de la cantidad de área iluminada y la áreas en sombra de dicha figura al cambiar la intensidad.

6.2.23.2. Variabilidad debida al color de la luz

Para analizar esta variabilidad, vamos a utilizar la misma escena anterior pero en este caso iluminada con 3 luces de color en tiempos diferentes a parte de la luz blanca. Estos colores los podemos definir por ejemplo mediante el sistema CIE *L,a,b* de la siguiente forma; la luz blanca (100,0,0) la luz amarilla (98, -16, 93), la luz roja (60, 94, -60) y la luz azul (91, -51, -15). Estudiando la imagen integral (Figura 540) del cubo vemos que:

Imagen	Intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Luz blanca	1	0.35	0.32	406.6, 334.7
Luz amarilla	1	0.36	0.33	406,326
Luz roja	1	0.22	0.20	407,326
Luz azul	1	0.31	0.33	406, 323

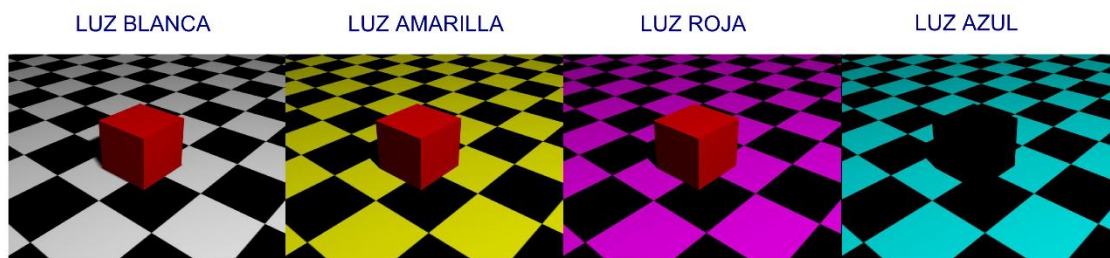


Figura 540

En primer lugar observamos que cada luz coloreada tiene una luminosidad diferente y como es lógico las luminosidades de cada escena por lo tanto son diferentes, también vemos que la relación entre las luminosidades de dichas luces y las luminosidades de las escenas son prácticamente proporcionales; $100/35= 2.8$, $98/36=2.7$, $60/22=2.7$ y $91/31=2.9$. En cuanto a los pesos relativos ocurre lo mismo y también observamos que los centros de gravedad se mantienen. En torno al peso relativo, vemos que no existe variación entre la luz blanca, la luz amarilla y la luz azul. Con la luz roja tienen una variación del 26%.

Por lo tanto, sacamos como conclusión que para una escena integral el peso visual varía de la misma forma que varía con la intensidad, pero en este caso en función de la variación de la luminosidad de la luz coloreada.

Si ahora analizamos la figura (Figura 541) con su fondo (parcial) con las diferentes luces;

Imagen	Intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Luz blanca	1	0.36	0.010	344, 285
Luz amarilla	1	0.37	0.013	345, 283
Luz roja	1	0.22	0.013	376, 256
Luz azul	1	0.34	0.032	384, 260

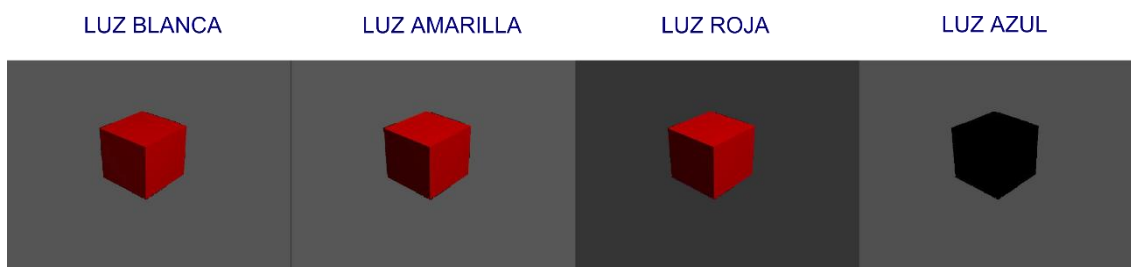


Figura 541

También vemos como las relaciones de luminosidad de fondo se mantienen, sin embargo los pesos relativos de la figura no, en la luz roja que acentúa el color del objeto aumenta el peso relativo para una luminosidad menor y con la luz azul la figura se vuelve negra y vemos que el peso relativo vuelve a crecer. Por lo tanto, notamos que en la intensidad y la

temperatura del color esta variación puede ser importante. La variación entre el peso relativo de amarillo y rojo con azul es del 3,6%.

En los centros de gravedad observamos que varían más acentuadamente que con la variación de intensidad, sobre todo si la luz coloreada coincide con el color del objeto o si la luz es complementaria a éste. En concreto la variación entre el centro de gravedad con luz amarilla y con luz azul es del 12,8% sobre la figura.

6.2.23.3. Variabilidad debida a la tipología de iluminación

Si utilizamos diferentes tipos de luz con la misma intensidad y posición para iluminar un objeto podemos observar que puede sufrir también cierta variabilidad en su apariencia y ésta se puede analizar mediante el peso visual.

Dentro de las diferentes tipologías nosotros vamos a analizar el efecto de la iluminación natural del sol en un día normal (*Skylight*) (5.1.1) donde se tendrá en cuenta el efecto de la radiosidad, la iluminación de una luz omnidireccional (*Omni*) donde se acentúan las sombras, la iluminación de un foco direccional (*Foco*) sobre la figura donde se pierde parte del fondo o escena al no estar iluminado y una combinación de éstas.

Si cogemos la escena del cubo (Figura 542), podemos estudiar que sucede cuando cambiamos estos diferentes tipos de luz:

Imagen	Intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Skylight	1	0.46	0.42	402, 303
Omni	1	0.30	0.30	416, 312
Foco	1	0.05	0.09	370, 293
Combinación	3	0.48	0.44	406,306

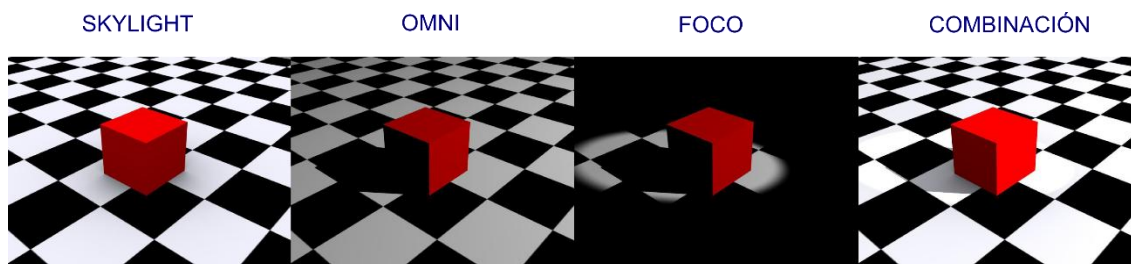


Figura 542

Si estudiamos la imagen integral e iluminamos el cubo con la luz natural de día (*skylight*) vemos que se muestra como una imagen muy equilibrada. Si ahora cambiamos la escena con una luz omnidireccional que proviene de la misma dirección donde no hay apenas radiosidad, observamos que la luminosidad y el peso relativo han decrecido, es decir la imagen es más oscura y menos contrastada y el centro de gravedad se ha desplazado hacia la derecha y abajo, debido a la acción de la parte más iluminada. Si ahora vemos el objeto iluminado con un foco, vemos que vuelve a bajar en gran medida tanto la luminosidad de la imagen que es mínima, como el peso relativo que es muy bajo y el centro de gravedad

en este caso, se desplaza en esta imagen hacia la zona iluminada. Teniendo un desfase entre la luz omni-direccional y el foco sobre el máximo posible en la imagen del 9,95%. El desfase de peso relativo entre skylight y el foco es de 0,33, es decir del 66% muy grande.

Por lo tanto obtenemos como conclusión que en función del tipo de luz, la apariencia y el peso de una imagen integral pueden cambiar totalmente.

Por otro lado, si utilizamos una combinación de luces podemos equilibrar una composición, por ejemplo combinando las tres luces anteriores con intensidades medias el resultado es una imagen bastante equilibrada como podemos observar en el último ejemplo.

Si estudiamos la segregación fondo-figura (Figura 543) con estos diferentes tipos de iluminación vemos que;

Imagen	Intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Skylight	1	0.48	0.016	384, 282
Omni	1	0.31	0.013	340, 285
Foco	1	0.04	0.019	413, 248
Combinación	3	0.49	0.015	346,280

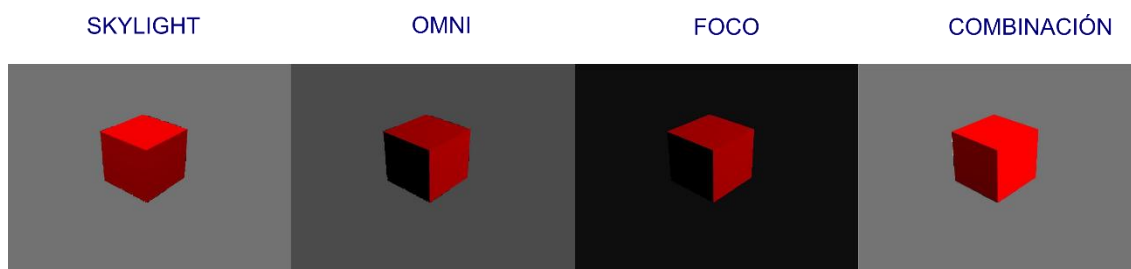


Figura 543

En este caso comprobamos que la variabilidad es enorme; un 44% en luminosidad, un 6% en peso relativo y un 23% de variación en el centro de gravedad de la figura. Lo que nos indica cómo podemos hacer variar la apariencia y el peso visual de una figura en función de la tipología de luz que la ilumine aunque tenga la misma intensidad y provenga del mismo lugar.

6.2.23.4. Variabilidad debida al movimiento de la iluminación

En este apartado vamos a estudiar como varia la apariencia y el peso visual en función de cómo una sola luz cambia su posición en el espacio. En nuestro caso hemos elegido una luz omni-direccional de intensidad 1.

Las posiciones elegidas son las siguientes: Luz en posición cenital, Luz de frente, Luz de arriba a la izquierda, Luz de abajo a la derecha y Luz baja trasera

En el estudio de la imagen integral (Figura 544) tenemos:

Imagen	Intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Cenital	1	0.45	0.45	399, 314
Frente	1	0.26	0.23	407, 349
Arriba-Izquierda	1	0.25	0.25	382, 306
Abajo-Derecha	1	0.10	0.10	403, 322
Trasera	1	0.17	0.20	381, 266



Figura 544

Aquí vemos que un mismo tipo de luz con una misma intensidad puede causar diferentes luminosidades y apariencias en una escena y de igual forma hace variar el peso relativo de esta. Por ejemplo, entre la luz Cenital y la luz Abajo-Derecha existe una variación de luminosidad de 0,35 es decir de un 70%.

En cuanto a la variación del centro de gravedad podemos observar como éste sufre un notable desplazamiento en función de donde se encuentra posicionada la luz y por lo tanto el equilibrio de la imagen también. Entre la luz de Frente y la luz Baja existe un desfase de 17,4% sobre el total.

Por lo tanto en función del recorrido de una misma luz, una escena puede cambiar enormemente tanto de luminosidad, como de peso y así como de equilibrio.

Si ahora nos fijamos en la segregación figura-fondo (Figura 545) observamos:

Imagen	Intensidad	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Cenital	1	0.48	0.034	384, 282
Frente	1	0.26	0.006	413, 258
Arriba-Izquierda	1	0.26	0.010	433, 280
Abajo-Derecha	1	0.08	0.020	401, 278
Trasera	1	0.18	0.014	384, 275



Figura 545

Vemos que las luminosidades también varían en gran medida y los pesos relativos también, existiendo por ejemplo una variación entre la luz Cenital y la luz de Frente del 2,8%. Variabilidad grande para una figura que va variando con su fondo en toda la escena. También se observa gran cambio sobre los centro de gravedad de la figura, los cuales sufren una gran variabilidad llegando al 10,6 % entre las luces Cenital y de Frente.

6.2.23.5. Variabilidad debida a la actuación de varios factores a la vez

Lo normal es que en cualquier escena cotidiana exista una variabilidad de luz debida al cambio de varios de los factores que acabamos de estudiar a la vez. También es muy normal sobretodo en escenarios interiores y en nocturnos que actúen varias luces simultáneamente. Por lo que para este estudio, vamos a proponer tres tipos de combinaciones lumínicas con varios factores actuando a la vez para analizar cómo afecta a la apariencia y peso visual de la escena y de la figura.

Si empezamos estudiando la escena de forma global (Figura 546), tenemos:

Imagen	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Combinación 1	0.31	0.30	408, 330
Combinación 2	0.27	0.28	407, 327
Combinación 3	0.24	0.22	399, 321



Figura 546

La variabilidad de peso relativo entre las combinaciones 1 y 3 es del 16% y el desfase del centro de gravedad entre las mismas combinaciones es del 2,55%. Por lo tanto, obtenemos que con el efecto de varias luces a la vez desde diferentes posiciones y sus factores, la luminosidad de la escena crece, así como el peso relativo de ésta, aunque la variación no es

muy grande. Por otro lado, observamos que el desplazamiento del centro de gravedad se reduce considerablemente, estando más equilibrado.

Si estudiamos la figura del cubo sobre su fondo (Figura 547), tenemos los siguientes resultados:

Imagen	Luminosidad imagen	Peso Relativo	Centro de Gravedad
Combinación 1	0.33	0.010	408, 273
Combinación 2	0.27	0.018	407, 279
Combinación 3	0.23	0.016	367, 282



Figura 547

Aquí observamos que la variación entre los pesos relativos es poca un 0,8 % entre las combinaciones 1 y 2. El desfase entre los centros de gravedad de dichas combinaciones es del 3,26%. La figura con el efecto de varias luces a la vez también coge luminosidad, así como peso relativo y de igual manera su centro de gravedad se hace más equilibrado y menos variable.

Por lo tanto, como hemos podido comprobar a lo largo de este estudio sobre muestras tridimensionales, el peso visual se propone como herramienta de gran utilidad para el estudio y análisis de la variabilidad lumínica, ofreciéndonos datos concretos de las luminosidades de las imágenes, de los pesos relativos y de los centros de gravedad, y su variabilidad mostrándonos como cambian en función de cómo cambia las luces que iluminan la escena.

7. ESTUDIO DE VARIABILIDAD EN LA ESCENA Y DE LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS A TRAVÉS DEL PESO VISUAL (PV)

7.1. LA ESCENA Y LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS

7.1.1. LA IMAGEN DE LA ESCENA URBANA

Dentro de los escenarios urbanos podemos encontrar tanto escenas exteriores, como interiores o mixtas, tal y como vimos al estudiar los tipos de escenas.

En torno a la escena interior arquitectónica, debido a la cantidad y diversidad de espacios y apariencias que podemos encontrar en la actualidad, no vamos a profundizar en su estudio y análisis en este trabajo. Por lo tanto, nos quedaremos con sus elementos significativos tal y como los describimos en (5.4.3.6).

Las características propias de la escena exterior urbana la describiremos a continuación junto con los elementos singulares que la configuran.

7.1.1.1. Conformación de la escena exterior urbana

En toda escena exterior existen elementos o regiones comunes que siempre están presentes, y por lo tanto son comunes también en la escena exterior urbana.

Podemos citar en primer lugar, el cielo. El cielo es un elemento omnipresente de cualquier escenario exterior. Siempre se encuentra sobre nosotros aportando cualidades visuales de gran variabilidad. Como factor de gran variabilidad podemos nombrar la dualidad día y noche. En el día, el fondo del cielo es azul y en la noche es negro. Estos colores van variando y se ven modificados por otras figuras que aparecen en él, como el sol que crea el día y que puede tornar el cielo en violetas, rojos y amarillos, o las nubes que pueden cubrirlo de forma parcial o total con diferentes morfologías y que van desde el blanco puro hasta gris oscuro. Del día a la noche y viceversa hay un degradado continuo de colores tal y como vimos. Por otro lado, en la noche aparecen la luna y las estrellas en los días claros, o las nubes que nos iluminan al reflejar las luces de los diferentes entornos urbanos.

Por otro lado, las condiciones medioambientales crean gran cantidad de experiencias sensoriales debido a la gran variabilidad climatología a la que estamos sometidos. Ejemplos de estas variables pueden ir desde la nieve que viste de blanco el paisaje, el hielo que lo hace brillante, la niebla que transluce con su manto blanquecino o incluso el mismo humo que se produce en entornos industriales y urbanos, hasta la misma lluvia que empaña el paisaje lo humedece y una vez en el suelo crea charcos que hacen de espejos reflectores simétricos de nuestros entornos (Figura 548).

En torno a los objetos sobre el cielo urbano, a parte de las nubes, la luna, el sol y las estrellas suelen aparecer algunos objetos móviles tanto naturales como artificiales de forma efímera, entre ellos pájaros, globos, aviones o cometas, no obstante estos aparte de no ser constantes suelen ocupar una pequeña parte de la región del cielo.

LA CLIMATOLOGÍA EN LA APARIENCIA DE LA ESCENA URBANA EXTERIOR

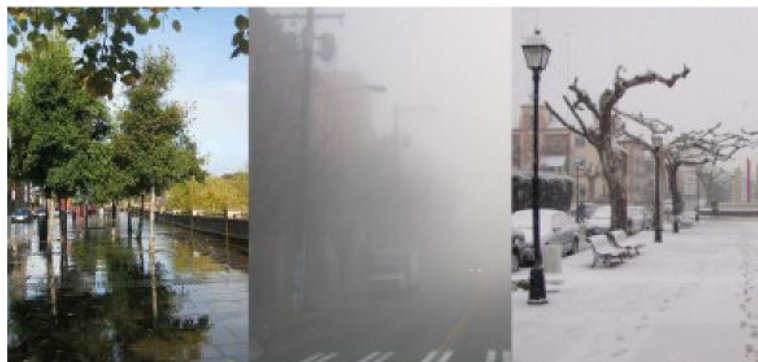


Figura 548

Un elemento significativo es el *skyline* urbano, tal y como definimos el *skyline* es la delimitación que segrega los objetos terrestres respecto del cielo que hace de fondo.

EL SKYLINE DE MANHATTAN EN NUEVA YORK



Figura 549

El *skyline* clásico es el creado por la silueta de los rascacielos en Manhattan (Figura 549), aunque podemos decir que toda escena urbana tiene su *skyline* propio, ya que la diversidad edificatoria siempre crea algún tipo de contraste con el fondo. De hecho, no conocemos ningún escenario urbano donde los elementos arquitectónicos se fusionen totalmente con el cielo, solo en ciertos rascacielos especulares se produce un efecto parecido cuando el entorno que les circunda es homogéneo, aunque siempre suelen mostrar parte de su contorno por el contraste que hemos comentado. También, puede suceder que el escenario urbano esté enclavado en una zona montañosa, de tal forma que exista un *skyline* natural, es decir una delimitación del cielo con las montañas y otra delimitación inferior de los objetos urbanos con la montaña, igualmente es normal que exista un *skyline* mixto, es decir formado por edificaciones y elementos naturales como sucede en multitud de escenas en la ciudad de Granada (Figura 550).

EL SKYLINE MIXTO DE LA ALHAMBRA DE GRANADA



Figura 550

Por otro lado, dentro de las regiones significativas se encuentra el suelo urbano, donde se apoyan y se sostienen los objetos arquitectónicos. Tal y como comentamos en (5.4.3.6) los suelos urbanos pueden ofrecer infinidad de apariencias, y su característica común es que suelen ser horizontales y relativamente llanos, es decir con poca pendiente para facilitar el desplazamiento peatonal. El suelo en sí mismo se establece como un objeto, tal y como describiremos un poco más adelante.

Los objetos sobre el suelo pueden ser fijos o móviles. La mayoría de objetos fijos sobre el suelo en un escenario urbano suelen ser arquitectónicos y los pasamos a describir:

7.1.1.2. Los objetos arquitectónicos

Todo objeto material visible expresa. Los objetos materiales están dotados de una forma tridimensional global y de cualidades aparentes superficiales y materiales como pueden ser el color, la textura, el brillo o la translucidez. Todas estas cualidades nos llegan a través de la luz a lo largo y ancho de nuestra imagen visual y nosotros las utilizamos como información para desenvolvemos en nuestro medio ambiente. Le damos significado y nos ayudan a reconocer los objetos gracias a su expresividad visual. Por lo tanto, el escenario urbano se puede entender como un objeto expresivo visual complejo. En este interaccionan una gran cantidad de objetos visuales, a parte de los objetos arquitectónicos, aparecen objetos naturales y otros objetos artificiales no arquitectónicos.

También podemos encontrarnos con escenarios mixtos, es decir en los que en la imagen visual aparecen arquitecturas, industrias, infraestructuras agrícolas, ganaderas o de cultivo, o espacios naturales, todo ello de forma interaccionada. Esta miscelánea no la vamos a analizar aquí, no obstante el estudio de estos escenarios singulares se llevaría a cabo de forma análoga al que vamos a realizar en el entorno urbano.

Por otro lado, debemos aclarar que cuando nos referimos a objetos arquitectónicos artificiales que configuran el paisaje urbano nos referimos a toda clase de edificios, edificaciones y agrupaciones de estos (Figura 551), como todo tipo de infraestructura urbana; pavimentos, suelos, muros, paramentos, mobiliario urbano, instalaciones, señales urbanas, accesorios urbanísticos, láminas de agua, vegetales o de tierra, etc. Es decir toda clase de objeto artificial fijado al suelo, y que por lo tanto, actúa como elemento expresivo en el escenario urbano en el que se encuentra enclavado.

OBJETOS FIJOS EN LOS ESCENARIOS URBANOS



Figura 551

El objeto arquitectónico por excelencia es el edificio. Este tipo de objeto se identifica por una serie de signos característicos: El primero es su carácter inmueble, generalmente se encuentra posicionado de forma fija y estable sobre el suelo que lo sostiene. Otro signo definitorio es su gran tamaño en relación con el cuerpo humano. En los edificios habitan las personas por lo que sus dimensiones van desde edificaciones pequeñas (generalmente superiores a 30m^3 que es lo que aproximadamente ocupa una habitación pequeña), a edificaciones enormes donde entran miles de personas y de metros cúbicos, como por ejemplo un pabellón polideportivo. De igual forma, la forma tridimensional global de la

arquitectura suelen mostrar rasgos artificiales, líneas rectas y geometrías que no son usuales en la naturaleza y de igual forma, la apariencia de sus superficies muestra texturas y Cesías con un carácter netamente artificial. Por otro lado, las características de ser inmuebles, sus grandes dimensiones y sus formas singulares hacen que estos objetos se establezcan como elementos de referencia y orientación espacial cuando nos desplazamos por estos entornos. Otra característica de estos objetos es que se suelen mostrar visualmente perforados y/o con superficies transparentes, ya que en todo edificio es indispensable la entrada de luz natural y de ventilación, a parte de la entrada y salida de personas, por lo que estos signos también son esenciales en reconocimiento, y en la determinación de su escala relativa.

Las edificaciones (7.1.4) pueden ser iguales, similares o totalmente diferentes. No obstante, en general no existe una tipología visual de edificación concreta, sino que existen multitud de tipologías y expresividades en el conjunto de todas las diferentes formas edificatorias posibles. De tal forma, que en cualquier escenario urbano actual podemos encontrarnos con diferentes estilos edificatorios anexos mostrando apariencias totalmente diversas y contradictorias.

Por otro lado, otro de los objetos omnipresentes en el escenario urbano es el suelo. Aunque, en ciertos lugares puntuales podemos encontrarnos con suelos naturales como por ejemplo en algún parque, lo normal es que el suelo haya sido tratado por el hombre con fines fundamentalmente funcionales, y que por lo tanto sea artificial. El suelo artificial favorece el desplazamiento y el transporte de mercancías, ya sea a pie o mediante vehículos. A través, de estos suelos accedemos a los diferentes edificios y disponemos de espacios libres establecidos para nuestras necesidades espacio-ambientales. Algunas veces, los suelos urbanos están separados, limitados o cercados al paso, por muros o vayas con mayor o menor permeabilidad visual. Los suelos suelen ser más o menos horizontales, pero cuando la orografía no lo permite tienen que adaptarse a ella mediante rampas y escaleras.

Los objetos urbanos que acabamos de citar, por otro lado modifican y configuran el espacio que conforman (5.4.3.1). Atendiendo al concepto dual, de positivo-negativo, el espacio urbano se configura como el volumen inverso al espacio que los objetos materiales urbanos ocupan. Estos volúmenes exteriores abiertos forman los diferentes tipos de objetos espaciales que llamamos; calles, avenidas, bulevares, vías, plazas, etc.

Por otro lado, en los escenarios urbanos conviven con los objetos citados, todo tipo de objetos móviles, inundando sus espacios. Las personas como objetos físicos, somos parte expresiva del paisaje urbano, aparte ser de creadores y sujetos perceptores de los diferentes ambientes que nos rodean. Nos desplazamos por los diferentes suelos que conforman el paisaje, obteniendo diferentes perspectivas del entorno en función de nuestras cualidades ópticas y de nuestros puntos de vista en cada momento, lo que provoca que nuestra imagen visual este cambiando constantemente. Por otro lado, también podemos encontrar en estos espacios al ser humano acompañado de animales domésticos y mascotas.

A parte del ser humano, el cual aparece constantemente ya sea parado o desplazándose de un lado para otro, andando o corriendo, existen todo tipo de vehículos terrestres guiados por personas circulando por las vías habituales. Ejemplos de este tipo de objetos pueden ser; autobuses, camiones, coches, motos, bicicletas o patines. Aunque también podemos encontrar otros tipos de transportes que circulan por vías particulares como; trenes, tranvías o teleféricos, entre otros. Una característica de estos objetos móviles, es que muchos de ellos, quedan aparcados en los espacios urbanos cuando dejan de usarse, por lo que están visualmente omnipresentes en la escena urbana actual, ya sea funcionando o parados. Solamente en zonas exclusivamente peatonales no suelen ser vistos, aunque las necesidades de transporte de mercancías actuales o de acceso residencial hacen que en estas zonas se permita un tránsito restringido de vehículos.

Sobre los objetos arquitectónicos podemos resaltar también ciertas características visuales que los hacen variables;

- Aunque los elementos arquitectónicos son inmuebles y están situados en el mismo emplazamiento de forma permanente. Pueden producirse movimientos por parte de algunos elementos que los componen, como carpinterías, toldos, láminas, etc que les aportan cierta variabilidad visual. Un ejemplo lo podemos observar en la abertura de la Chumbera en el Sacromonte de Granada (Figura 552).

VARIABILIDAD DE APARIENCIA EN LA ABERTURA DE UN PARAMENTO



Figura 552

- Por otro lado, existe otra variabilidad debida al cambio de luz, que al proyectarse de forma variada sobre estos hace que cambie su apariencia y expresividad. Igualmente, la luz también puede partir de los elementos arquitectónicos mismos, ampliando de esta forma el rango expresivo de estos (Figura 553).

CAMBIO DE APARIENCIA CON EL CAMBIO DE LUZ EN UN EDIFICIO



Figura 553

- El hecho, de que los elementos arquitectónicos sean tridimensionales y de gran tamaño (en ocasiones, un solo elemento arquitectónico (Figura 554) puede abarcar toda nuestra imagen visual), hace que su forma global no pueda ser abarcable desde un solo punto de vista. Existen objetos arquitectónicos que no son aptos de ser rodeados, por lo que en ocasiones podemos tener problemas para entender cómo es su forma completa.

EL GRAN TAMAÑO Y LA DISPOSICIÓN COMPLEJA DE OBJETOS ARQUITECTÓNICOS



Figura 554

- Por otro lado, también existen una serie de elementos que forman parte de este escenario y que no son de gran tamaño como pueden ser mobiliario urbano, farolas, bancos, carteles, publicidad, reclamos luminosos, señales, marcas, vehículos estacionados, etc (Figura 555) y que pueden actuar con gran expresividad sobre estos paisajes, y que se deben tener presentes al estudiar la expresividad de los diferentes escenarios urbanos.

ELEMENTOS VISUALMENTE EXPRESIVOS EN LOS ESCENARIOS URBANOS ACTUALES



Figura 555

- Los elementos arquitectónicos suelen ser complejos formalmente, es decir, tienen gran cantidad de elementos conformadores y compositivos. Por lo tanto, son objetos compuestos de otros objetos y esos objetos a su vez están compuestos de otros objetos, tal y como vimos (5.4.5.1). Esta complejidad objetual hace que en algunas ocasiones se convierta en una complejidad visual y formal, y por lo tanto expresiva (Figura 556).

COMPLEJIDAD COMPOSITIVA EN LA ARQUITECTURA



Figura 556

- Los edificios al ser huecos, suelen ser duales. A parte de tener una expresividad externa, al incluir espacios interiores también tienen una expresividad interna (Figura 557). Dado que los elementos arquitectónicos están normalmente taladrados visualmente hace que exista una interacción expresiva entre interior y exterior.

INTERACCIÓN INTERIOR-EXTERIOR EN LA ARQUITECTURA



Figura 557

- En el paisaje urbano, raramente los elementos están aislados, por lo general están agrupados o enlazados. En un escenario urbano, como mínimo aparecen dos elementos agrupadores; por un lado, el suelo que enlaza de forma física, y por otro lado, como mínimo aparece la asociación perceptual visual donde la agrupación de objetos atendiendo a una misma significación (objeto arquitectónico) siempre está presente (5.3.7.2). En el caso, de un solo elemento arquitectónico insertado en un paisaje natural, no crea un escenario arquitectónico, ni urbano, más bien pasa a formar

parte del paisaje natural o se configura como una perturbación de este, algunas veces intencionadamente y otras veces no (Figura 558).

OBJETO ARQUITECTÓNICO AISLADO



Figura 558

Generalmente, todos estos objetos arquitectónicos se insertan en una localización natural alterándola, aunque algunas veces quedan presentes ciertos elementos naturales, el nuevo paisaje queda transformado en lo que hemos denominado como escenario urbano. Los elementos naturales en ocasiones suelen ser reincorporados o insertados como nuevos elementos naturales en el paisaje transformado.

Por lo tanto, los entornos urbanos suelen estar dotados de vegetación y elementos naturales anclados al suelo. Algunos son conservados del paisaje natural preexistente y otros son plantados o replantados. Ejemplos son arboles de todo tipo, arbustos, plantas, laminas verdes, césped, etc. En cuanto a su apariencia, toda esta vegetación es variable estacionalmente. Los arboles cambian sus hojas, estas cambian de color y caen en los suelos haciendo de alfombras temporales, las plantas dan flores, los arbustos crecen a pasos agigantados, siguiendo un proceso natural que nos informa de la época del año en la que nos encontramos (Figura 559). Dentro de los elementos naturales también se encuentran los diferentes tipos de tierras y de rocas. En los escenarios urbanos también pueden aparecer las aguas de los ríos, de los lagos, de los embalses y sobretodo el agua del mar en paisajes urbanos costeros.

VARIABILIDAD DEL ESCENARIO URBANO SEGÚN LAS DIFERENTES ESTACIONES



Figura 559

7.1.1.3. Variabilidad de la escena urbana

Debido a la gran cantidad de objetos tanto fijos como móviles que aparecen en la escena urbana, y debido a la gran variabilidad de factores (5.4.4.4) que actúan sobre su apariencia, los escenarios urbanos se suelen mostrar constantemente muy variables en el transcurso del tiempo. Siendo esta, una de sus características más definitorias, y que siempre debemos tener en consideración a la hora de analizarlos.

La costumbre nos ha hecho que atendamos menos a esta gran variabilidad, sin embargo es un hecho que nuestros escenarios urbanos están cambiando constantemente seamos conscientes o no. Siendo los objetos arquitectónicos los que se suelen mantener más estables y nos sirven como referencias. No obstante, existen objetos arquitectónicos que también

son muy variables, debido básicamente a que sus características de apariencia superficial están cambiando constantemente. En el siguiente punto, pasaremos a demostrar en qué grado pueden llegar a cambiar con la ayuda de los índices que nos aporta el peso visual.

7.1.2. LA ORGANIZACIÓN SENSORIAL DE LA IMAGEN ARQUITECTÓNICA

La imagen visual en escenas urbanas se estructura bajo las mismas interacciones que cualquier otro tipo de escena. En la organización de estas imágenes, la agrupación y segregación de elementos visuales se establece igualmente atendiendo a los principios perceptuales establecidos por la Gestalt, tal y como se describieron en (5.3.7.2).

A continuación expondremos algunos ejemplos, de cómo estos principios actúan en la imagen urbana.

7.1.2.1. La segregación figura-fondo en la arquitectura

La dualidad figura-fondo también puede repetirse también en la imagen de la arquitectura. Un edificio puede ser la figura y el espacio que rodea su entorno su fondo, o al revés, el espacio arquitectónico puede ser la figura y los paramentos de los edificios y el suelo el fondo. Todo irá en función de los elementos sobre los que recaiga la atención.

En cuanto a la primera forma corresponde a un mecanismo por el cual fija la atención sobre un objeto o grupo de elementos arquitectónicos o edificios (figura), resaltando sus características del resto del espacio que le contiene (fondo). En este caso, nos encontramos ante la concepción dual *masa-espacio* propuesta por Joaquín Casado³⁴⁰ donde desde una perspectiva con un ángulo externo, apreciamos masas como figuras y el espacio hace la función de fondo.

Como ejemplo de edificio aislado como figura³⁴¹ ;

“...un edificio aislado revela la solidez de su volumen cuando caminamos a su alrededor y vemos sus caras laterales, su frente y su parte posterior. Está cerrado por todas partes, y no sólo a lo largo del contorno de un perfil. Con esta hermética cerrazón, el edificio se afirma por fuerza como la figura, como el poseedor de los límites, esto es de su propia superficie exterior. Cuando el visitante camina hacia él, la flecha de su intención se singulariza con claridad tanto mayor...”

Un ejemplo claro de esta expresividad lo podemos ver en el volumen que da acceso al Museo Caja Granada de Campo Baeza (Figura 553a). Este elemento se configura como figura claramente en el paisaje urbano granadino.

Un entorno urbano para entenderse como figura debe verse en conjunto, por lo que suele aparecer al ser observarlo como elemento principal desde un punto lejano elevado o con una buena perspectiva como podemos ver el Albaicín (Figura 553b) desde la Alhambra.

En cuanto a la segunda forma podemos encontrar el espacio de la calle en “U” tradicional como figura (Figura 560c) “*para convertirse en una verdadera forma, la calle ha de poseer “carácter figurativo”*”, escribe Christian Norberg-Schulz³⁴²

“¿Qué significa aquí forma verdadera? Se nos está recordando con claridad que, para cumplir su función, la calle debe ofrecer algo más que los medios técnicos para que peatones y vehículos lleguen a

³⁴⁰ CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2009. Elementos de análisis arquitectónico. (Granada: Copicentro Editorial /Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada).Cap.2. *Conceptos básicos del sistema masivo.*

³⁴¹ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura.* (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

³⁴² NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura.* (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

su destino. El cañón de la calle es el reino de la presencia ampliada del hombre y es por tanto percibido como figura.

La vista no sólo debe proporcionarle la información práctica requerida para la orientación espacial; también ha de tener las cualidades expresivas que proporcionan la “sensación” de calle: un sentido de fácil acceso, de dirección clara y de límites bien definidos para un recorrido seguro. Ante todo, una calle es, visualmente, algo más que un camino en la tierra. La calle añade una dimensión ascendente al camino y así lo hace visible como conducto tridimensional...”

CONFIGURACIÓN FIGURA-FONDO EN EL ESCENARIO URBANO



Figura 560

Para que una calle deje de ser figura y alguno de sus paramentos de fondo pase a adquirir esta función (Figura 561a). Sólo tenemos que girarnos y ofrecer nuestra atención hacia su fachada³⁴³;

“...el filósofo Heidegger hizo una observación análoga sobre los puentes, al señalar que un puente que cruza un río hace que las orillas de éste cambien de carácter. El puente hace que las orillas se encaren una a otra. Sin él, “se arrastrarían a lo largo del río como indiferentes franjas limítrofes de tierra”. El puente realiza la transformación, al unirse a las orillas perpendicularmente. Esto es también lo que sucede cuando un peatón o un conductor gira a un lado, es decir lateralmente, y enfoca la entrada de un edificio como objetivo. Ahora, “la indiferente” pared de mampostería se revela como una cara...”

Para que la calle sea figura entonces debe tener las proporciones correctas entonces se convierte en un objeto visual. La escala debe ser la correcta, si no lo es los límites se escapan, tal y como comenta el mismo autor;

“...la altura de los edificios que forman una calle influyen en el efecto de cañón que estamos tratando. La altura, sin embargo, depende de la anchura, y la anchura también contribuye vigorosamente al carácter de una calle. La arquitectura necesita espacio para respirar. Si la calle es demasiado estrecha, los edificios enfrentados se superpondrán y estrujarán el espacio intermedio de un modo desagradable. Pero la calle no debe ser tampoco demasiado amplia. Los centros visuales sólo pueden crearse por medio de objetos visuales, y ya que el canal de la calle existe en virtud de los muros circundantes, no puede establecer un centro vectorial propio sin límites arquitectónicos apropiados. Cuando la anchura de la calle se extiende más allá de los campos visuales creados por los edificios, habrá “vacío” en mi propia idea del término, es decir, un área desprovista de estructura.

³⁴³ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

Sólo cuando la calle tiene la correcta anchura, puede establecerse como objeto visual con un campo vectorial propio que resiste activamente las fuerzas que nacen de los edificios en cualquiera de sus lados....”

CAMBIO FIGURA-FONDO EN UNA CALLE



ESPACIOS AMBIUOS EN UNA CALLE



Figura 561

Sin embargo, existen espacios ambiguos (Figura 561b) como los cruces entre calles³⁴⁴;

“...Cuando dos calles se cruzan en ángulos rectos, el área sobrepuesta es especialmente ambigua. Cada uno de los edificios de las esquinas genera un campo de fuerzas que avanza por el eje de simetría del edificio hacia el centro del cruce.

Esta solución unilateral queda superada cuando el área central adquiere cierto carácter de figura, es decir, cuando se establece como centro estructural y produce fuerzas contrarias vectoriales que contrarrestan las que avanzan desde las cuatro proas. Cuando esto sucede, la situación de los edificios puede considerarse dinámicamente como el resultado de la interacción entre sus propias fuerzas hacia el exterior y la contrapresión que las encuentra o choca con ellas desde el centro....”

.Esta situación de centro estructural suele darse también en espacios centrales como plazas urbanas. Por lo tanto, para que un cruce adquiera el carácter de figura entonces lo acercaremos al concepto de plaza pero la dimensión y la escala son factores que pueden afectar para la buena solución.

Por otro lado podemos aplicar otros factores estimulares figura-fondo hacia la arquitectura; Un edificio o espacio interior simétrico es más fácil de ver como figura³⁴⁵;

”... El plano de Bramante es, desde luego, el ejemplo supremo de espacios negativos que adquieren figura de carácter gracias a su simetría y a las concavidades de las formas circundantes. Al mismo tiempo, sin embargo, los pilares o columnas de un interior no pueden contrarrestar el carácter dominante de figura del espacio hueco...”

Según el mismo autor, también, podemos interpretar el suelo como fondo y el elemento arquitectónico como figura;

“...estudios perceptivos, sobre todo, los psicólogos han limitado en gran manera su atención al más simple caso de la relación figura-suelo, en el que el suelo se muestra sin final y sin forma. Cuando una forma individual, por ejemplo un cuadrado negro, se sitúa sobre un terreno no definido y en potencia no limitado, sólo una relación entre las dos superficies es considerada importante: un objeto visual se extiende enfrente (“figura”) y el otro detrás (“suelo”). La figura tiene una forma articulada de la que

³⁴⁴ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

³⁴⁵ Ibid.

derivan las propiedades activas de la representación mental de lo percibido. Su forma es el único determinante de la relación entre las dos partes de la situación. El suelo es inducido por la figura a quedarse atrás, y carece de límites incluso en relación con la figura, ya que continúa debajo de la figura sin interrupción. Al carecer de límites, el suelo no tiene forma; únicamente, algunas propiedades espaciales o de textura de índole general como baja densidad...”

El ejemplo más típico es mirar desde la ventana de un edificio una plaza. Otro ejemplo de suelo como fondo en un espacio abierto lo podemos observar en la plaza del *botellódromo* de Granada (Figura 562a), donde los elementos arquitectónicos que se sitúan sobre el suelo se nos muestran como figuras.

Por otro lado, podríamos convertir un suelo en figura dándole forma y límites, en definitiva, una estructura o marco. Lo que quedará detrás de nuestro suelo o lo rodee será su fondo. Un ejemplo lo podría ser el suelo (Figura 562b) del Museo del agua de Juan Domingo Santos.

En general al observar lo elementos arquitectónicos, además de poder cambiar el fondo-figura al observar podemos introducirnos y pasar de elementos primarios a elementos secundarios³⁴⁶; *“...la relación figura-fondo sugiere que la forma arquitectónica consta normalmente de elementos primarios y secundarios, o de una jerarquía completa de ellos...”* Por ejemplo una fachada puede interpretarse como figura o como fondo (Figura 562c). Las ventanas dentro de una fachada al ser áreas comparativamente más pequeñas tienen más posibilidades de verse como figuras *“...el tamaño y la colocación de las aberturas está también restringido, y los huecos adquieren carácter de figura, actuando la masa neutra como fondo. Es posible una cierta articulación mediante el tratamiento “escultural”...”*

CONFIGURACIONES FIGURA-FONDO EN DIFERENTES ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS



Figura 562

Los edificios con composiciones ortogonales, verticales y horizontales nos sirven mejor de orientación que el resto (Figura 563a). Cuando nos encontramos con un edificio inclinado perdemos nuestras orientaciones horizontales y verticales, porque no podemos utilizarlo como referencia.

Los edificios singulares y significativos tienen más posibilidades de verse como figuras. Si nos encontramos con una iglesia es normal que nos aparezca con más fuerza como figura por su simbolismo cultural. Según nos comenta Rudolph, A.³⁴⁷ *“...normalmente las formas convexas se perciben como figura y las cóncavas como fondo...”* (Figura 563b).

³⁴⁶ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

³⁴⁷ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

FIGURA ARQUITECTÓNICA COMO ORIENTACIÓN



FIGURA Y FONDO EN UNA CÚPULA



Figura 563

7.1.2.2. El principio de simplicidad en la arquitectura

La simplicidad de los elementos arquitectónicos facilita su legibilidad. Esto se demuestra según el principio de la pregnancia. Haciendo referencia a este principio Rudolph, A. comenta; *“... la elección económica de la relación más corta es una aplicación elemental del principio de simplicidad de la psicología de la gestalt: cualquier pattern creado, adoptado o seleccionado por el sistema nervioso será tan simple como lo permitan las condiciones dadas...”*

Dentro de la producción arquitectónica existen tanto diseños geométricos y regulares como, orgánicos e irregulares. En el caso de los diseños regulares la pregnancia funciona perfectamente somos capaces de interpretar el edificio o el espacio sin ningún problema como en el edificio de la general o la escuela de ingenieros de Granada (Figura 564a). Sin embargo cuando nos enfrentamos a un espacio o edificio irregular entonces este principio heurístico no funciona también, sobre todo si no hay una estructura compositiva legible. Un ejemplo de complejidad visual externa es el caso de la ampliación del museo de las ciencias de Granada (Figura 564b).

COMPLEJIDAD Y SIMPLICIDAD EN LA ARQUITECTURA



Figura 564

Cuando la complejidad expresiva se proyecta intencionadamente se deben evitar algunos problemas; como que la complejidad expresiva se convierta también en una complejidad funcional y/o de orientación interior, o haciendo relación al contexto urbano, se debe intentar que la actuación no se desvincule totalmente de su entorno, no irrumpiendo como un elemento perturbador, ya que en este tipo de actuación debe utilizar sus cualidades expresivas como elementos visuales de referencia para un entorno.

7.1.2.3. La agrupación perceptual en la arquitectura

Al percibir la arquitectura utilizamos instintivamente el heurístico de la agrupación, debido a la complejidad formal y multitud de espacios que propone la arquitectura actual.

- Agrupamiento por semejanza

La semejanza hace agrupamiento. La semejanza en arquitectura se consigue utilizando las diferentes cualidades formales de la materia. Por ejemplo Norberg-Schulz³⁴⁸, explica; “...Los términos “contraste”y “predominancia” expresan que los elementos se clasifican según sus similitudes, y que una clase puede dominar sobre las demás. El color, la textura, la silueta, el tamaño y la orientación contribuyen a estas relaciones. La predominancia puede deberse también a un tratamiento particular que produzca una Gestalt fuerte...” . Dada la relevancia de este tipo de agrupamiento en los entornos urbanos, lo trataremos detenidamente, un poco más adelante.

- Agrupamiento por proximidad

La proximidad de un grupo de viviendas hace que se puedan entender como una unidad residencial. Norberg-Schulz,, comenta; “...la relación topológica más elemental es la proximidad. Si un cierto número de elementos se sitúan cerca de otros, formarán un racimo o un grupo..”. Como por ejemplo en una calle tradicional el grupo de edificios se entienden como una unidad aunque no sean iguales (Figura 565a). En el ejemplo del pueblo Arahal se puede ver como cada grupo de viviendas en hilera se entiende como una unidad (Figura 565b).

AGRUPAMIENTOS POR PROXIMIDAD EN LA ARQUITECTURA

Figura 565

- Agrupamiento por significación

La significación de la arquitectura por sí misma hace que se pueda utilizar este recurso. La condición histórico-cultural hace que edificios dispares se agrupen en una sola unidad. En Granada podemos observar como el Palacio de Carlos V se entiende como parte de la Alhambra (Figura 566a), cuando formalmente no tiene nada que ver con el resto de los Palacios Nazaries. De igual forma podemos ver como esta asociación se crea en el conjunto del Parque de las Ciencias de Granada (Figura 566b) donde las sucesivas ampliaciones del centro han creado un conjunto dispar y sin asociación formal pero queda agrupado entorno a su concepto de centro divulgador.

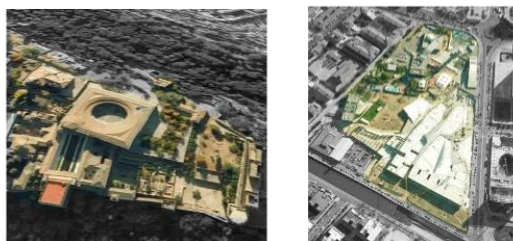
AGRUPACIÓN POR SIGNIFICACIÓN EN LA ARQUITECTURA

Figura 566

³⁴⁸ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

- Agrupación por conexión de los elementos

Cuando nos enfrentamos a un edificio o espacios con elementos conectados lo entendemos como una unidad. En espacios urbanos lo observamos cuando un mismo tipo de suelo une diferentes espacios (Figura 567a). En edificios por ejemplo, en el interior del Parque de las Ciencias de Granada (Figura 567b) podemos ver como los diferentes espacios conectados que se entienden como una unidad facilitando la legibilidad o la constancia del edificio ante su complejidad expresiva exterior.

AGRUPACIÓN POR CONEXIÓN DE ELEMENTOS EN LA ARQUITECTURA



Figura 567

7.1.2.4. La semejanza y el contraste como principios reguladores en la escena arquitectónica

De los principios de agrupación vistos, vamos a destacar el principio de semejanza debido a su fortaleza perceptual y a la plasticidad que puede asumir en la arquitectura. Este principio nos puede ayudar en la activación de asociaciones visuales reconocibles o significantes, dado que la abstracción y la variabilidad de la tecnología constructiva actual pueden adaptarse fácilmente a sus requisitos. Como vimos pueden existir diferentes cualidades visuales a semejar y con diferentes grados de intensidad, algo que facilita enormemente la labor creativa en arquitectura.

La agrupación por semejanza de forma aparece cuando se repiten las delimitaciones en la imagen visual. La repetición de forma no tiene que ser idéntica, sin embargo las delimitaciones deben poseer cierta similitud en su repetición para que se active este principio (Figura 568).

SEMEJANZA DE FORMA EN LA ARQUITECTURA



Figura 568

Por otro lado, la repetición de espacio también crea asociación, por ejemplo ciertos barrios quedan establecidos visualmente porque la conformación de sus calles se repite de forma análoga. Cuando llegamos a calles espacialmente diferentes interpretamos que hemos llegado a unidad urbana diferente.

En la agrupación por semejanza de color, los elementos no tienen por qué compartir las mismas formas, ni los mismos volúmenes (Figura 562). Sólo con su repetición en la imagen visual se crea un lazo visual que los agrupa. En este caso, al no repetirse las formas exactamente ayuda a dar identidad a cada elemento compositivo.

SEMEJANZA DE COLOR EN LA ARQUITECTURA



Figura 569

El agrupamiento por semejanza de textura u otras cualidades de la apariencia o cesía, actúa de manera intensa en la arquitectura (Figura 569). Aquí vemos como los mismos materiales de construcción al repetirse van creando texturas, y las mismas texturas al volverse a repetir en otras edificaciones van creando asociaciones de nivel superior. Por lo tanto, la repetición de los mismos materiales pétreos crea agrupación, o la repetición de ciertos metales y/o vidrios con sus reflexiones y transparencias también produce este tipo de asociación.

SEMEJANZA DE APARIENCIA SUPERFICIAL EN LA ARQUITECTURA



Figura 570

En nuestro pasado reciente, tanto las técnicas constructivas como el uso de materiales del lugar hicieron que los elementos que formaban los diferentes entornos tuvieran una apariencia parecida, en otros lugares la continuación o aparición de costumbres decorativas ha creado el mismo efecto. La repetición de esas formas constructivas con los mismos materiales y misma estética, de forma intencionada o no, ha creado una agrupación de formas, colores y cualidades aparentes, que por semejanza ha dado una gran cohesión e identidad a estos conjuntos. Ejemplos podemos encontrar a lo largo y ancho de nuestro planeta. Por ejemplo en Granada, en el barrio del Albaicín, al repetirse los muros blancos de sus Cármenes, sus tejados árabes y su vegetación característica, o en los pueblos de la Alpujarra con el uso de la pizarra y sus formas constructivas peculiares (Figura 571). En el territorio español lo vemos en los pueblos blancos como Conil, en pueblos llenos de color como Cudillero, o en pueblos de interior como Albarracín, con su textura rojiza característica. Ejemplos significativos en Sudamérica los encontramos en multitud de lugares, por ejemplo; en la similitud de las edificaciones de Ouro Preto en Brasil, en el escenario colorido de Caminito en Buenos Aires en Argentina, en calles singulares de Santiago en Chile como la Calle General Holley en Providencia, etc.

Por otro lado, también podemos encontrar actuaciones recientes que de forma intencionada o no, activan también este principio, como la semejanza formal de los nuevos rascacielos que emergen agrupados como prismas cristalinos hacia el cielo de Hong Kong o los del Manhattan Neoyorkino, o incluso en Las Vegas donde la asociación aparece al llegar la noche cuando la semejanza de infinidad de luces de colores actuando a la vez crea la agrupación.

DIFERENTES LOCALIDADES DEL TERRITORIO ESPAÑOL DONDE APARECE LA AGRUPACIÓN POR SEMEJANZA



Figura 571

En estos entornos singulares y semejantes, observamos que no se llega a utilizar una repetición mimética constante, a la vez que no se le resta singularidad a cada elemento en particular, lo que facilita la labor de identificación entre los diferentes elementos. Los habitantes de estos lugares únicos en los diferentes puntos de nuestro planeta, se sienten identificados y de esta forma crean vínculos emocionales con el lugar al que pertenecen.

En la otra cara de la moneda, hoy en día también nos encontramos con escenarios visualmente caóticos. Estos suelen ser aquellos donde existe una variabilidad visual descontrolada. En estos casos no aparece la agrupación y es difícil determinar orientaciones, así como determinar una nítida lectura del lugar. Aquí el egoísmo de cada elemento es el que se impone en detrimento del conjunto. Por lo general el resultado final se establece de la misma manera que un collage al azar. Un poco más adelante veremos algunos ejemplos de este descontrol sobre la apariencia visual externa de escenarios característicos en la ciudad de Granada.

La semejanza Vs la repetición idéntica.

En nuestros paisajes urbanos actuales también podemos encontrarnos con actuaciones radicales donde la repetición se enfatiza hasta el grado de crear paisajes formados por igualdades idénticas. Esta situación puede llegar a provocar sensaciones de monotonía y desorientación. Aquí la agrupación por semejanza cobra su mayor intensidad, sin embargo los elementos que crean la unidad pueden llegar a carecer de identidad propia. Sin *legibilidad e imaginabilidad* (7.1.6) en estos lugares tan regulares se nos hace difícil orientarnos y diferenciar unos elementos de los otros. Incluso los propietarios pueden llegar a adquirir la sensación de vivir en una mera repetición más, dentro de una gran masa regular. Sin embargo, en los ejemplos citados en el punto anterior vemos que este problema no aparece, aquí cada unidad comparte elementos asociativos con el resto pero a su vez aporta algún o algunos rasgos visuales que lo diferencian del resto, es decir los elementos son semejantes visualmente pero no se repiten de forma idéntica, ni monótona.

La perturbación por intención

Para contrarrestar el efecto visual creado por entornos muy regulares ya construidos como los que acabamos de comentar, se puede actuar creando una perturbación intencionada por contraste. El objetivo es convertir esta actuación puntual en un elemento orientador, identificador y/o significativo del lugar, por lo tanto debe ser muy visible desde todos los lugares que conforman el entorno. En definitiva, la idea es insertar una figura que contraste con gran fuerza visual sobre la repetición regular que realiza la función de fondo. El que sea visible desde todo el conjunto, ayuda enormemente a la orientación en ese entorno y le otorga cierta identidad ayudando a establecer una mejor legibilidad del lugar.

La implantación de esta acción visual tampoco es una novedad, en muchas localidades históricas de arquitectura homogénea, la iglesia, el castillo o la fortaleza local (Figura 572) han cumplido el papel de ser referencias visuales del conjunto, a la vez que se han determinado como símbolos locales. Por lo tanto, si además se utiliza esta posibilidad otorgando cierta significación funcional al elemento perturbador visual, es decir si se diseña para cumplir una función apta de asignación de valor simbólico para la comunidad que lo habita, entonces su actuación perceptual será más potente.

UNA TORRE COMO OBJETO DE REFERENCIA EN UN PUEBLO BLANCO



Figura 572

7.1.3. LA ATENCIÓN Y LA ACCIÓN SENSORIAL EN LA IMAGEN DE LA ESCENA ARQUITECTÓNICA

En este punto, vamos a estudiar como atendemos y prestamos atención en nuestros escenarios urbanos habituales, y como estos nos afectan sensorialmente en nuestra continua interacción con ellos.

7.1.3.1. La atención en la escena urbana y la acción no consciente

Como hemos mostrado, un entorno urbano es un objeto de un nivel alto de complejidad visual y a no ser que se experimente este por primera vez, por lo general no solemos fijarnos en él como objeto global o en conjunto.

Como hemos visto en el proceso perceptivo, lo normal es que solo nos fijemos en la novedad, en aquello nos llama la atención o en lo que nos interesa. Dentro de la complejidad que pueda estar implícita en cualquier paisaje, reconocemos, descartamos y seleccionamos objetos pertenecientes a este, en función de nuestras necesidades.

El hecho que no solamos atender de forma general a nuestros paisajes cotidianos no quiere decir que estos no nos afecten emocionalmente (5.4.2.2). La permanente presencia e interacción con un paisaje urbano hace que el habitante se vuelva constantemente afectado de las acciones sensoriales que este transmite (Figura 573). En la mayoría de las ocasiones, estas acciones permanentes actúan y nos afectan sin que seamos conscientes de ellas debido a que nos hemos acostumbrado a ellas y no les prestamos atención.

DIFERENTES ESCENARIOS URBANOS EN GRANADA TRANSMITIENDO DIFERENTES ACCIONES SENSORIALES



Figura 573

Por otro lado, también obtenemos respuestas perceptuales de nuestros entornos urbanos. Nuestros recuerdos de interacciones pasadas en el paisaje crean experiencias y emociones subjetivas que aparecen constantemente según nos desenvolvemos al interactuar con él. Dado que estas respuestas son subjetivas no vamos a profundizar en ellas. Nuestro estudio se centrará en la interacción sensorial ya que es similar para todas las personas con cualidades sensoriales análogas.

7.1.3.2. La expresividad de la imagen arquitectónica

Como vimos (6.1.3), la acción sensorial global actúa mediante el efecto de diversas fuerzas y tensiones visuales, donde el resultado final puede ser una respuesta resultante de estas o puede ser que una acción sea notablemente fuerte respecto el resto, de tal forma que acapare nuestra atención nublando la acción de las restantes.

En los escenarios urbanos una de las acciones que cobra mayor fuerza es la acción espacial, ya que nos movemos y actuamos constantemente por entre estos espacios, en nuestras actividades cotidianas, obligatoriamente tenemos que prestar atención a la espacialidad para poder desplazarnos³⁴⁹ e interactuar, y esta es la razón de que cobre prioridad esta acción sobre el resto de acciones en el escenario urbano, no obstante en un momento concreto la acción espacial puede pasar a segundo plano debido a la superposición de una acción más potente. Por lo tanto, el peso visual o la direccionalidad por ejemplo, pueden establecerse como prioritarias solo ante un pequeño cambio conductual.

Por otro lado, siempre existen unos polos expresivos sobre los que estas acciones ejercen sus fuerzas. Nosotros pensamos, que no se trata de limitar las posibilidades expresivas. Cualquier posibilidad expresiva puede ser buena, ya que la arquitectura atiende a muchas necesidades y en un caso determinado puede interesar transmitir equilibrio, estabilidad, solidez y tranquilidad, mientras que en otra situación puede hacerse necesario recurrir al dinamismo, a la tensión y a la viveza.

La cuestión que se plantea en urbanismo es el problema de las inconexiones entre formas expresivas, en este caso interesa la determinación de lazos de internivel evitando el caos o el azar de modos expresivos diferentes sobre un mismo escenario. Por ejemplo, si se quiere mostrar un desorden o desequilibrio, los elementos que los componen también deben expresar estas sensaciones intencionadamente. Sin embargo, encontramos ciertos ambientes en los cuales se expresa un desorden no intencionado, al estar formados por un cúmulo de edificios que siguen un orden expresivo propio, por lo tanto sin nada que ver con el desorden y que a la vez se desvinculan del resto. Por lo tanto, estos lugares transmiten efectos sensoriales de ambigüedad que suelen quedar fuera de toda intención compositiva (6.1.4).

³⁴⁹ ZEVI, Bruno. 1963. *Saber ver la arquitectura*. (Buenos Aires: Editorial Poseidón)

7.1.4. EL RECONOCIMIENTO Y LA CATEGORIZACIÓN EN LA ESCENA URBANA

El reconocimiento, es volver a conocer. Algo que conocíamos y que por lo tanto, lo teníamos albergado en nuestra memoria vuelve a aparecer, al ser detectado como tal. Generalmente, con la nueva experiencia también existe un proceso de reconstrucción de las cualidades del objeto reconocido, ya que lo normal es que con cada experiencia añadamos alguna información a la que antes teníamos, tal y como vimos en (5.4.5.1).

En un punto anterior de este tema, hemos visto cuales son los signos generales que definen los elementos arquitectónicos. Si concretamos estos signos y los singularizamos en cada una de las diferentes arquitecturas que conocemos, entonces obtenemos la información base que utilizamos para reconocerlos y categorizarlos.

A modo de ejemplo podemos mostrar cómo algunos signos que actúan en el reconocimiento de elementos arquitectónicos:

- Uno de los signos que más actúa al reconocer entornos, edificios o elementos arquitectónicos es el de la forma particular global. Un caso nítido lo observamos en la forma que crean las delimitaciones del volumen de acceso al Museo de la Caja General de Granada (Figura 574). Estas delimitaciones al ser regulares, simples y muy singulares se establecen como signos inconfundibles en su reconocimiento.

RECONOCIMIENTO DE LA FORMA EN LA ARQUITECTURA



Figura 574

- Como ejemplo de actuación de signos de color en el reconocimiento de un edificio, podemos encontrar el edificio Neuron Bio en el Campus de la salud de Granada (Figura 575), donde la utilización de una serie limitada de colores significantes, altamente interaccionados hace que su reconocimiento sea factible incluso en la distancia.

RECONOCIMIENTO DEL COLOR EN LA ARQUITECTURA



Figura 575

- Los materiales con los que se crean las arquitecturas al repetirse de forma seriada crean texturas, las cuales pueden convertirse en signos significantes en el reconocimiento de ciertos elementos arquitectónicos sin la necesidad de ver sus formas. Ejemplos pueden ser las texturas (Figura 576) del edificio de La escuela diocesana de magisterio o en la intervención de la muralla Nazarí de Granada.

RECONOCIMIENTO DE LA TEXTURA SUPERFICIAL EN LA ARQUITECTURA



Figura 576

- Un ejemplo de signos que configuran una unidad a partir de la asociación de forma y de color lo vemos (Figura 577) en el edificio de La Rural de Granada. En el cual observamos cómo aunque las alineaciones aparecen separadas visual y físicamente se entiende como conformadoras de un mismo elemento. La agrupación perceptual creando unidades es muy importante en la expresividad de entornos urbanos como veremos más adelante.

RECONOCIMIENTO POR ASOCIACIÓN DE FORMA Y COLOR EN LA ARQUITECTURA

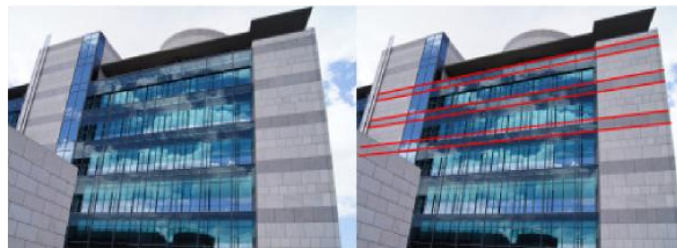


Figura 577

- Las cualidades de reflexión o de transmisión de ciertos materiales se establecen como signos identificativos singulares de ciertas obras arquitectónicas como por ejemplo podemos observar la especularidad de la otra fachada del edificio de La Rural de Granada o la translucidez de los colores de la guardería del Chaparral de Granada (Figura 578). Al igual que estos signos actúan por sí mismos, sus efectos también pueden convertirse en signos como vemos en la proyección de luces de colores en el interior de la guardería.

RECONOCIMIENTO POR CUALIDADES DE APARIENCIA CESÍAS



Figura 578

- Una de las características de la arquitectura es su no movilidad general, por lo que los signos de movimiento no son característicos de estos objetos. No obstante, en ciertas ocasiones podemos ver signos de movimiento al detectar el cambio de luz que se proyectan sobre estos o que estos mismos emiten. Una forma donde se observa el movimiento es indirectamente sobre elementos especulares o transparentes (Figura 579).

RECONOCIMIENTO A TRAVÉS DE LOS MOVIMIENTOS SOBRE SUPERFICIES ESPECULARES

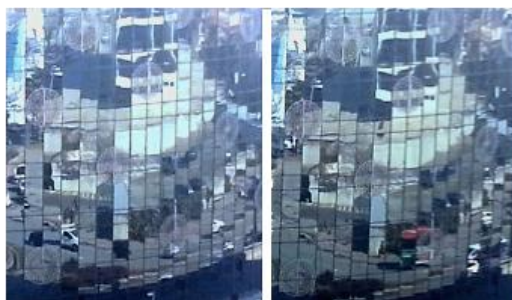


Figura 579

Para reconocer un objeto no hace falta captar todos los signos que lo definen, en ciertas ocasiones solo con ver ciertos rasgos aparece el reconocimiento. Por ejemplo al ver una torre entre la abertura de una calle en el Albaicín (Figura 580) reconocemos instantáneamente la Alhambra.

Aquí descubrimos lo importante que es que un entorno urbano este dotado de algún objeto o edificio de referencia único y visible desde múltiples puntos de vista, ya que este aparte de otorgarle singularidad al lugar, actúa como elemento orientador. Por otro lado, no se puede desvincular el elemento de referencia del lugar donde se percibe. En el anterior ejemplo, alguien al ver la foto puede identificar la Alhambra, pero además al asociar de los signos visuales característicos del entorno urbano puede determinar que está realizada desde el Albaicín.

RASGOS SIGNIFICATIVOS EN OBJETOS ARQUITECTÓNICOS



Figura 580

Resumiendo este punto, podemos decir que cuando reconocemos un objeto arquitectónico, los signos a los que recurrimos son los elementales. Por ejemplo, al reconocer una ventana, no reconocemos primero el objeto marco, luego las cualidades aparentes de transparencia y brillo, y por último una serie de formas y colores interaccionados. Como hemos dicho tanto el marco como la transparencia o el brillo son concepciones mentales y no recurrimos a ellas en el reconocimiento, en general vamos directos a la identificación de los rasgos o signos básicos e interacciones que los identifican, lo que hace que el reconocimiento sea en ocasiones instantáneo.

Podemos decir que las cualidades básicas visuales son las que convertimos en signos y nos ayudan a reconocer, categorizar y contextualizar nuestro mundo. Aunque nosotros entendemos un mundo lleno de objetos interaccionados entre sí, y decimos que solo vemos objetos (objetos compuestos de otros objetos) es debido a los procesos perceptivos, en realidad solo vemos una serie de cualidades visuales interaccionadas. De ellas obtenemos la información que nos hace aislar e identificar esas concepciones mentales que llamamos objetos

7.1.5. LA CONSTANCIA PERCEPTUAL DE ENTORNOS Y OBJETOS ARQUITECTÓNICOS

Como hemos visto las cualidades de los objetos que actúan visualmente en el paisaje urbano tienen una serie de características complejas y variables, sin embargo existen factores que ayudan a crear constancia en su variabilidad. También por el contrario, existen otros factores que crean ambigüedad perceptiva al no consolidar la constancia. Pasamos a ver algunos ejemplos.

Un claro ejemplo de constancia de forma con cambio de punto de vista lo podemos encontrar en la fachada principal del Museo de la Caja General de Granada (Figura 581). Al estar compuesto por figuras sencillas y regulares, el establecimiento de constancia se hace más intenso.

LA CONSTANCIA EN LA FORMA ARQUITECTÓNICA



Figura 581

Un ejemplo de constancia de color lo podemos encontrar en el edificio Bio Neuron en el Campus de la Salud de Granada (Figura 582). Donde podemos ver como con el cambio de perspectiva la intensidad y la luminosidad de los colores cambian, pero al mantenerse los tonos y la relación entre colores, la constancia por color cobra fuerza.

LA CONSTANCIA EN LOS COLORES DE LA ARQUITECTURA



Figura 582

Como imagen clara de constancia de textura podemos centrarnos en una de las fachadas del cubo de la General de Granada (Figura 583) donde podemos observar cómo aunque las formas repetidas y el color varíen la constancia se hace fuerte debido a la regularidad de la textura.

LA CONSTANCIA EN LA TEXTURA DE LA ARQUITECTURA



Figura 583

Desde un solo punto de vista con cambio de luz lo que se mantienen son las delimitaciones, es decir la forma mientras que las cualidades de la apariencia son las que varían

Sobre la fachada de un edificio con paramentos de vidrio podemos observar una constancia de especularidad al observar cómo cambia la imagen reflejada en él, mientras que los marcos y elementos fijos siguen estables, por lo que en este tipo de edificios también se puede observar la constancia de movimiento.

No obstante, la permanencia arquitectónica en el mismo lugar, manteniendo las mismas posiciones de referencia espaciales con el resto de arquitecturas, es una de las características que más potencia constancia perceptual de la arquitectura. Un mismo edificio aunque parezca muy diferente del día a la noche, al permanecer en el mismo contexto y en la misma situación hace que se vuelva constante perceptualmente ante nosotros.

Un ejemplo o podemos encontrar al mirar la Alhambra de noche y de día (Figura 584). Como podemos observar el entorno y el fondo paisajístico donde se inserta al ser estables nos ayudan en la percepción de constancia. Evidentemente como hemos comentado los otros signos formales y aparentes estables fortalecen esta percepción.

LA CONSTANCIA EN EL CAMBIO LUMÍNICO SOBRE LA ARQUITECTURA



Figura 584

Por lo tanto, la simultaneidad e interacción de constancias cobra fuerza en la sensación de constancia global del objeto, dado que no podemos separar los elementos que forman la imagen visual, todos actúan a la vez aportando signos constantes.

Rudolf Arnheim³⁵⁰ nos habla de diferentes puntos de vista relacionados con la síntesis conceptual del objeto tridimensional en el cerebro” *a través de la multiplicidad de visiones, la mente sintetiza una imagen de la forma objetiva tridimensional de la escultura o edificio. Se contribuye a la síntesis por el hecho de que estas distintas perspectivas no*

³⁵⁰ ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)

carecen de relación como sucedería con una serie de fotografías a través de las cuales uno intenta formarse idea de un edificio...”

Al ver un edificio o un conjunto de edificios nos hacemos una imagen mental de su forma tridimensional global. Por ejemplo, Rasmussen comenta; *“...Habitualmente no vemos una imagen de un objeto, sino que recibimos la impresión del propio objeto, de su forma completa – incluidos los lados que no podemos ver- y de todo el espacio que lo rodea...”*. Evidentemente existen arquitecturas que nos facilitan esa tarea y otras que la complican haciendo en ocasiones difícil la identificación por constancia.

Pero un edificio puede tener una dimensión tan grande y compleja o estar oculto parcialmente que al ser visto desde un punto de vista concreto no lo identifiquemos como tal. Un ejemplo de lo podemos ver en el edificio de la Rural de Granada y en el edificio de Gery en la Unter den Linden de Berlín (Figura 585) donde sus fachadas principal y posterior son tan diferentes que no parecen pertenecer al mismo edificio y evidentemente al verlas independientemente no se crea la asociación por unidad, ya que no se repiten ni forma, ni color en la distancia, es decir hay que ir rodeando el edificio para entenderlo.

EDIFICIOS CON VARIACIÓN EN LA APARIENCIA DE SUS FACHADAS



Figura 585

De igual forma, los límites visuales en la arquitectura irregular junto con la utilización de materiales de apariencia diferente crean también problemas para la identificación y la creación de constancias arquitectónicas. Norberg-Schulz³⁵¹ explica; *“...el carácter de figura de un elemento-masa depende también del fenómeno de constancia. Reconocemos una esfera independientemente de nuestro ángulo de visión, mientras que las masas más irregulares pierden su carácter si se ven desde ciertos puntos de vista...”*

En cuanto a un escenario urbano de forma global, este puede crear también una constancia perceptiva general como agrupación de elementos, en este caso se debe entender como un solo elemento visual legible y característico donde las partes que lo componen son las que crean la constancia del lugar, al estar asociadas de forma expresiva.

Por el contrario, sobre un entorno urbano irregular, con formas y volúmenes sin relación alguna, con espacios diversos dispuestos al azar o con materiales de colores, texturas y/o apariencias muy diversas, podemos encontrar dificultad a la hora de establecer constancias sobre el conjunto, sobre todo si no encontramos algunas referencias visuales claras donde establecer puntos de referencia donde guiarnos.

7.1.6. LEGIBILIDAD E IDENTIDAD EN LA IMAGEN MENTAL DE LOS ENTORNOS URBANOS

³⁵¹ NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

Como hemos comentado a la hora de reconocer e identificar contrastamos los signos visuales que encontramos con las concepciones mentales que tenemos archivadas. De igual forma que nos hacemos esquemas mentales de todos los objetos también los hacemos de nuestros entornos urbanos. Un estudio ejemplar de la concepción mental del entorno urbano podemos encontrar en la obra de Kevin Lynch³⁵² “*La imagen de la ciudad*” tal y como vimos. Esta investigación es de gran ayuda para entender como esquematizamos y creamos nuestros mapas mentales de los entornos urbanos, concretamente este trabajo se centra en como estructuramos estos esquemas al desenvolvemos y orientarnos por estos espacios. Donde Lynch establece los elementos de referencia que nos sirven a la hora de crear nuestros esquemas mentales de estos escenarios.

Lynch se centra en el estudio y análisis de categorías funcionales, no entrando en cómo interaccionan las categorías visuales que hacen referencia a las mismas concepciones, no obstante del análisis de Lynch nos interesa los conceptos que tratan en torno a ellas; uno es el de la *legibilidad* o la facilidad con la que un entorno urbano puede ser reconocido, organizado en unidades coherentes, aprendido y recordado. Otro concepto estrechamente relacionado con la legibilidad se encuentra en la *imaginabilidad* o capacidad que tiene un elemento urbano de suscitar una imagen vigorosa en cualquier observador. Una imagen eficaz sería pues, en términos del autor, aquella con una alta legibilidad y una potente imaginabilidad. Para Lynch, cualquier forma urbana puede ser definida a partir de tres propiedades básicas:

-*Identidad*, es decir, grado de distinción de un elemento con respecto al resto. Una imagen eficaz requiere la identificación de un objeto, su reconocimiento como entidad separable. En este caso se trata de entender un entorno urbano como un objeto único. Este tema de gran importancia y que hace referencia a la expresividad lo trataremos al final de este trabajo.

-*Estructura*: se refiere a la relación espacial o pautal de un objeto con relación al observador y a los otros objetos. Este punto igualmente será estudiado en este trabajo y lo haremos cuando consideremos perceptualmente los espacios arquitectónicos como figuras perceptivas.

-*Significado o valor emotivo o práctico* de un elemento para el observador. Como hemos visto estos valores son totalmente subjetivos, no obstante debemos de reconocer que ciertos valores, concepciones y simbolismos son generales en una cultura, sociedad o grupo convirtiéndose en percepciones colectivas. Por lo que creemos que el conocimiento concreto de la cultura y sociedad que habita un lugar debería ser atendido por las personas encargadas de actuar sobre cada entorno particular.

En este punto vamos a tratar de aclarar algunos aspectos básicos de la expresividad de los elementos que forman estos escenarios y que nos permiten identificarlos y almacenarlos adecuadamente a la hora de establecer la imagen mental de estos, en torno a estos conceptos de *legibilidad e imaginabilidad*.

Dado que la cantidad de elementos formales que actúan en un entorno urbano es enorme, para que exista una buena legibilidad debe existir un rango limitado en la variabilidad de los signos expresivos llamativos. Es decir, un rango limitado de colores y formas visuales o asociaciones de estos, así como de cualidades aparentes y relaciones espaciales.

En este caso, todos los elementos arquitectónicos deben de cumplir este establecimiento y la clave de su éxito, está en conseguirlo. Muchas veces no se aplica correctamente la regulación establecida, o no se contempla la inclusión de ciertos

³⁵² LYNCH, Kevin. 1998. *La imagen de la ciudad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

objetos, o simplemente se deja al azar. Por lo que, estas situaciones suelen dar viabilidad hacia una complejidad desordenada que hace que muchos escenarios sean ilegibles visualmente.

Evidentemente, existen elementos expresivos que no podemos modificar como las señales de tráfico y otros elementos naturales de gran variabilidad como ya vimos al comienzo de este tema. De igual forma, a la expresividad del entorno afectará a los elementos móviles, personas, etc. En estos casos debemos tener en cuenta su actuación expresiva e interacción en la escena.

Por otro lado, debemos de aclarar que el estudio de los límites es igualmente importante. Como vimos los límites son aquellas delimitaciones formales a partir de las cuales establecemos los diferentes niveles objetuales. Si no les prestamos atención nos podemos encontrar por ejemplo con un edificio que parezca varios, o un entorno urbano inconexo e ilegible poblado de edificios singulares dispuestos al azar. Por lo tanto, los límites que separan estos objetos deben ser analizados como elementos formales y expresivos, ya que son los lazos que unen y separan en diferentes niveles objetuales (5.4.5.1).

El establecimiento de singularidad y carácter propio a un entorno urbano no es una tarea compleja. Lo interesante a la hora de establecer las pautas formales es intentar ser creativo y buscar la inserción de signos originales con capacidad de significación sobre el grupo que habite dicho entorno. La infinidad de posibilidades expresivas no se debe limitar, es decir en función del polo expresivo al que se atiendan se pueden encontrar un sin fin de formas expresivas, y en principio todas aptas.

Igual que no funciona bien un entorno dotado de muchas edificaciones singulares inconexas, se hace necesario que todo entorno urbano incorpore algún objeto único, es decir una edificación singular con carácter orientador y de referencia simbólica única. El ser humano necesita de símbolos con los que identificarse por ello la arquitectura puede cumplir esta función visual.

La constancia y la legibilidad están relacionadas. Cuanto menos constante es un entorno más cuesta identificarlo y entenderlo como hemos visto. Evidentemente todos los contextos urbanos disponen de muchos elementos variables que van desde los elementos naturales hasta las propias cualidades aparentes de los materiales que los forman. La cuestión es dotar a los entornos muy variables con algunos elementos muy constantes y de gran expresividad, de tal forma que estos se conviertan en los signos que aporten la constancia al conjunto independientemente del momento en que sea percibido.

En torno al establecimiento de figura y fondo, un entorno urbano se puede configurar como fondo o como figura en función de a lo que prestemos nuestra atención. De forma habitual, queda establecido un entorno como fondo cuando se convierte en una textura al asociar el grupo con la repetición de formas y colores. Grupos de formas parecidas junto con sus cualidades aparentes repitiéndose de forma similar crea un manto que nos sirve de fondo sobre la figura a la que prestamos atención.

Por otro lado, como vimos ciertos espacios urbanos funcionan perfectamente como figuras. También el conjunto se puede entender como figura visto desde lejos o desde una perspectiva en la que se pueda encajar el conjunto. Aquí sus elementos formales crean una unidad singular como por ejemplo el *skyline* de un conjunto de rascacielos.

La pregnancia en arquitectura hace que los elementos geométricos sencillos sean aprehendidos con más facilidad. Sin embargo como hemos dicho no se deben limitar las posibilidades expresivas, entonces ante entornos urbanos proyectados con formas y espacios complejos se debe intentar ser lo más legible y funcional posible, intentando provocar itinerarios instintivos sencillos que faciliten la imagen de dichos entornos.

El principio perceptual de la agrupación es la clave de la composición de entornos urbanos. De hecho, la inmensidad de entornos urbanos nuevos que no funcionan expresivamente bien es porque no cumplen este principio.

Como vimos, todo entorno urbano es complejo, por lo que la forma de crear lazos entre los elementos visuales que los componen es crear asociaciones por agrupación de forma, color y/o cualidades aparentes entre ellos. Así, identificamos dentro del mismo grupo al conjunto dotándolo de unidad e identidad.

En nuestro pasado reciente, tanto las técnicas constructivas como el uso de materiales del lugar hacían que los elementos que formaban los diferentes entornos tuvieran una apariencia parecida. La repetición de esas formas constructivas con los mismos materiales creaba una repetición de formas, colores y cualidades aparentes las cuales son asociadas por agrupación dando cohesión a estos conjuntos. Pero hoy en día, existen infinitas formas constructivas y de materiales de constructivos con infinitas cualidades aparentes. En el momento que un diseñador o arquitecto dispone de libertad expresiva la usa. Y de la misma forma que ciertos arquitectos tienen en cuenta el entorno donde su obra se encaja, otros lo ignoran totalmente intentando aportar la máxima singularidad a su obra. Esto es totalmente negativo para el entorno urbano, ya que si cada edificación tiene unas cualidades expresivas diferentes desaparece la agrupación y por lo tanto la legibilidad del lugar. Si un diseñador obvia el entorno de su obra entonces deja al azar la composición del conjunto. Es como hacer un collage al azar³⁵³, lo más probable en estos casos es que el resultado sea una mezcla caótica de singularidades donde la lucha entre los elementos singulares haga que pierda el conjunto y cada obra a su vez con él.

En Granada podemos ver ciertas actuaciones recientes en este sentido, por ejemplo el entorno urbano donde se situó la General (Figura 586) se está rodeado tanto de edificios singulares modernos como de edificios clásicos sin ninguna asociación expresiva entre ellos. Una posibilidad podría haber sido coger los rasgos expresivos base del edificio de la general como el uso de la ortogonalidad, el gris del hormigón y el vidrio de los huecos para ordenar el resto, pero no se hizo así.

MISCELANEA EXPRESIVA EN TORNO AL EDIFICIO DE LA GENERAL DE GRANADA



Figura 586

Por otro lado, también podemos observar como el Campus de la Salud se ha convertido en la inserción de gran número de edificaciones singulares inconexas donde da la sensación expresiva que unas luchan contra otras sin asociación alguna (Figura 587). Ante este plan se podían haber establecido algunas cualidades expresivas como requisito para cumplir por el conjunto de edificaciones con la intención de crear lazos asociativos perceptuales. Estos que los agruparían en una unidad y conformarían la imagen del campus.

³⁵³ ROWE, Colin, KOETTER, Fred. 1981. *Ciudad Collage*. (Barcelona; Editorial Gustavo Gili)

MISCELANEA EXPRESIVA EN EL CAMPUS DE LA SALUD DE GRANADA



Figura 587

A la hora de utilizar las asociaciones no hay que repetir miméticamente todo. Una repetición constante crea un ritmo monótono donde el entorno puede decaer en aburrido y/o soso. Esto puede ser también un gran error sobre grandes actuaciones urbanas donde al repetirse miméticamente los elementos se pierde identidad (Figura 588). El inquilino no se siente singular y al ser todo igual puede costar identificar y orientarse en el lugar.

REPETICIÓN REGULAR Y MONÓTONA EN LA ARQUITECTURA



Figura 588

Por lo tanto, la idea es a la vez de compartir cualidades con el resto de elementos creando grupo, conseguir dotar a cada elemento de algún rasgo singular. La singularidad de cada elemento evidentemente no debe ser total, dado que las posibilidades expresivas son infinitas siempre se puede realizar algo diferente y a la vez compartir los rasgos expresivos con el resto de elementos hermanos.

7.1.7. LA PERCEPCIÓN COLECTIVA: LOS SÍMBOLOS

Al comienzo de este trabajo vimos como la percepción es subjetiva e individual de cada persona. Como cada persona tiene una edad, un conocimiento, unas vivencias y unos recuerdos diferentes, las percepciones de un mismo acontecimiento pueden variar enormemente de una persona a otra, por lo que no nos interesa estudiar individualmente estos procesos. Sin embargo, dentro de una misma cultura, sociedad o grupo podemos encontrar ciertos modos de vivir y experimentar acciones de forma similar. Cuando dentro de una cultura están establecidos una serie de gustos es debido a que existe una percepción colectiva, o sea un grupo de personas comparten sus percepciones sobre ciertos hechos concretos.

En nuestro caso, nos interesa cuando ciertos lugares o edificios son experimentados de forma análoga o colectiva por las personas que hacen uso de ellos habitualmente. Generalmente estos elementos quedan absorbidos por la conciencia colectiva como símbolos. Es decir son más que meros objetos materiales y funcionales. Representan un valor común para

el grupo o sociedad que lo habita. Un símbolo arquitectónico en Granada es la Alhambra (Figura 589). Evidentemente estas arquitecturas tienen el carácter de singularidad e identidad.

LA ALHAMBRA COMO SÍMBOLO COLECTIVO ARQUITECTÓNICO



Figura 589

7.2. ESTUDIO DE VARIABILIDAD EN LA ESCENA Y LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS A TRAVÉS DEL PESO VISUAL (PV)

Dentro de los factores que hacen variable la apariencia del objeto arquitectónico existen unos que actúan con gran efecto, mientras otros actúan con un efecto mínimo o ni si quiera lo hacen. En este punto nos vamos a centrar solamente en aquellos factores que modifican su apariencia de forma notable.

En primer lugar vamos a seleccionar unos modelos arquitectónicos y unos escenarios validos sobre los que realizar el estudio, ya que nuestro objetivo es analizar la variabilidad de apariencia en la arquitectura a través del peso visual. Evidentemente no tendría sentido estudiar la variabilidad debido al cambio de luz en un escenario donde siempre existe la misma luz, y desde luego, sería un despropósito estudiar la variabilidad debido al movimiento en un objeto totalmente inmóvil.

Una vez seleccionados los modelos, realizaremos sobre estos el análisis de variabilidad atendiendo a un orden regido por el factor de acción y las posibles combinaciones de factores que actúan variando la apariencia de estos objetos.

7.2.1. EL PESO VISUAL EN LOS OBJETOS ARQUITECTONICOS Y EN SUS ESCENAS

En primer lugar, debemos de aclarar que dentro del estudio de la variabilidad de apariencia, el peso visual es una herramienta muy útil, pero sin embargo no es totalmente completa, es decir los índices y datos que obtenemos a partir del peso visual nos sirven para analizar los cambios de apariencia aunque no nos dan toda la información de dichos cambios.

Por ejemplo, sobre cambios de color en la imagen, no nos ofrece información sobre variabilidades de tono y de croma cuando la luminosidad es la misma. Por otro lado, sobre cambios de forma, no nos ofrece información sobre el cambio de delimitación y de direccionalidad para formas con la misma superficie e igual centro de gravedad. No obstante, dado que

los cambios de apariencia en la arquitectura son mayoritariamente debidos a cambios lumínicos, nosotros en este trabajo solamente trabajaremos con el peso visual.

Por otro lado, como sabemos el peso visual es relativo, en función de nuestra atención visual sobre la imagen este puede cambiar. Por lo tanto, el uso del peso visual se debe orientar hacia el objetivo de análisis que se quiera alcanzar en el ámbito del estudio arquitectónico, es decir la imagen de escenas urbanas completas o de objetos arquitectónicos que como figuras visuales que se segregan de su fondo.

Sobre la imagen arquitectónica podemos centrar nuestro estudio sobre elementos bidimensionales o sobre elementos tridimensionales y entornos espaciales.

Los elementos bidimensionales suelen ser paramentos planos con un relieve que se pueda considerar superficial, ya que si el relieve es acusado entonces el paramento debe entenderse como elemento tridimensional. También pueden estudiarse suelos y techos que presenten un diseño o composición interesante, aunque nosotros en este trabajo nos vamos a centrar exclusivamente en la imagen vertical siendo el eje que lo define el de la acción de la gravedad y el de nuestro cuerpo y visión cuando estamos erguidos.

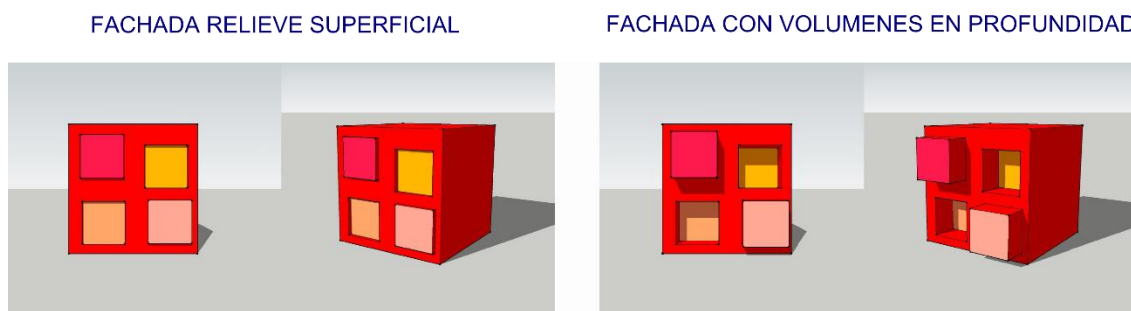


Figura 590

En el caso de elementos planos, al considerarse todos situados a la misma profundidad, no tendremos problemas de interpretación de tamaños. Todos los elementos con igual profundidad mantienen sus relaciones de proporcionalidad y estas no afectan ni a la imagen visual, ni a la mental del objeto. La imagen adecuada para su estudio debe pertenecer a una perspectiva frontal a estos con el fin de que todos sus lados aparezcan proporcionados (Figura 590).

Por otro lado, los paramentos se pueden estudiar desde diferentes criterios; analizando exclusivamente el paramento, es decir cuando toda la imagen es ocupada por el paramento, por lo que en este caso se debe utilizar el peso visual integral.

También se pueden estudiar, partes de un paramento con la función de figura, en estos casos se debe utilizar el peso visual parcial donde la parte seleccionada se establece como figura y el resto del paramento se configura como fondo.

Por último, se puede estudiar un paramento dentro de toda una escena visual con el peso integral. En este caso el objetivo sería estudiar cómo encaja dicho paramento en el conjunto. Este modelo serviría para estudiar la apariencia que transmite una imagen cuando no prestamos nuestra atención sobre ninguno de los objetos que aparecen en la imagen visual en concreto. Por lo tanto, nos servirá para estudiar la acción visual sin atención selectiva, es decir, la forma en la que nos influye el entorno cuando no prestamos una atención visual concreta.

En cuanto a los elementos tridimensionales debemos tener en cuenta, como afecta su profundidad y espacialidad en la imagen. Toda figura tridimensional se sitúa visualmente a una profundidad dada sobre la escena en la que se enmarca en la imagen. Sin embargo, los elementos arquitectónicos pueden llegar a ser de tamaño muy grande y con formas

complejas, presentando en la imagen mucha diferencia entre las profundidades visuales de sus diferentes partes, es decir sus profundidades se pueden mostrar descompensadas en la imagen, lo que puede provocar problemas en la asignación de la figura, ya que las masas lejanas suelen ser percibidas con un mayor peso visual. Esto se debe a que nuestra experiencia nos dice que los objetos que se encuentran más lejanos suelen ser más grandes. Por lo tanto, al analizar figuras arquitectónicas tridimensionales deberemos tener en cuenta esta situación si queremos que sensación y percepción visual se equiparen. Lo ideal es elegir imágenes de figuras arquitectónicas con equilibrio de profundidades entre sus diferentes partes, ya que de esta forma se evitan conflictos de asignación de peso visual a las figuras en la imagen espacial (Figura 591).

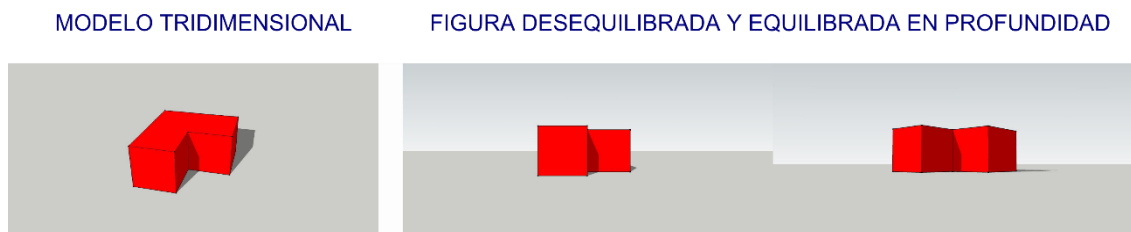


Figura 591

Junto con el equilibrio de profundidades, la condición abstracta de la arquitectura facilita enormemente que el peso visual pueda asociarse directamente al peso perceptual. Esta asociación será adecuada siempre y cuando la observación no sea bajo condiciones técnicas, ya que en este caso los elementos arquitectónicos pueden cobrar significación material y su peso visual puede diferir de su peso perceptual.

A la hora de analizar el objeto tridimensional arquitectónico, lo podemos hacer de forma singular, es decir cuando nuestra atención recae sobre su figura concreta, mientras que el resto de la imagen se configura como fondo, entonces en este caso debemos utilizar el peso visual parcial. Dentro de este tipo de análisis arquitectónico podemos estudiar una agrupación de edificios, un solo edificio o el un elemento o parte arquitectónica singular. Una vez seleccionada nuestra escena y también seleccionado nuestro objetivo que hará la función de figura, deberemos determinar la homogeneidad del fondo para utilizar un método de cálculo u otro. Si el fondo es regular o medianamente homogéneo, entonces utilizaremos el método simplificado que supone un fondo de densidad única. Sin embargo, si el fondo es muy heterogéneo con contrastes acusados entre claros y oscuros deberemos utilizar el método dual. En la escena arquitectónica exterior, suelen darse casos donde existe gran variabilidad entre cielo y suelo, por lo tanto en esas situaciones se debe utilizar el método dual (Figura 592).

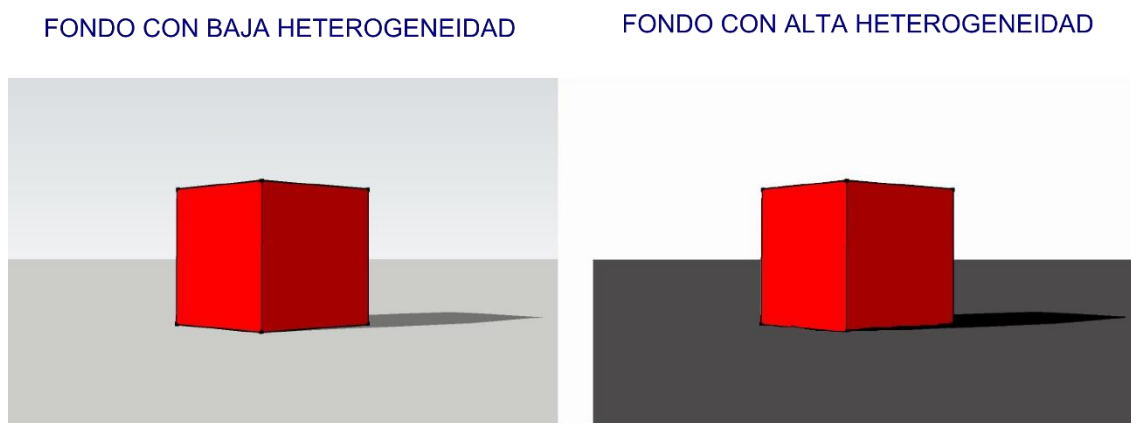


Figura 592

Por otro lado, con el peso visual parcial también podemos estudiar la composición y el equilibrio volumétrico de un edificio según sus diferentes perspectivas. De esta forma podemos comparar la variabilidad de su centro geométrico tridimensional respecto de sus centros de equilibrio visual en cada perspectiva diferente.

DIFERENTES PERSPECTIVAS DE UN OBJETO

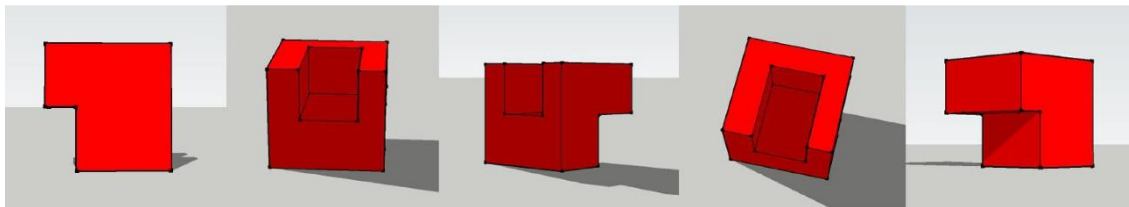


Figura 593

Por otro lado, cuando el objetivo es analizar toda la escena arquitectónica en conjunto, es decir cuando queremos obtener información de cómo actúa visualmente todo lo que aparece en la escena de forma conjunta se debe utilizar el peso visual integral. En general, es idóneo para analizar cómo encaja un elemento arquitectónico en un entorno concreto, ya que en este caso las interacciones globales en el medio donde se sitúa el objeto son las que cobran protagonismo y el objeto en sí mismo pasa a un segundo plano actuando como un elemento más dentro de la escena. De igual forma, el peso integral es muy valioso para estudiar la escena urbana en conjunto y analizar como el cambio de cualquiera de los elementos que aparecen en ella puede afectar al conjunto de la imagen y por lo tanto, a su apariencia. En interiores ocurre lo mismo, si queremos analizar la apariencia del conjunto se debe utilizar el peso visual integral ya que todo es figura.

7.2.2. MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA A TRAVÉS DEL PESO VISUAL

El método que vamos a seguir para realizar los diversos análisis consta de tres fases. En la primera fase, nos encargaremos de la descripción de la escena u obra arquitectónica elegida.

En la segunda fase, aplicaremos los cálculos del peso visual y obtendremos los resultados de las diferentes imágenes. De esta forma, obtendremos los rangos de variabilidad entre las imágenes pasándolas a tantos por ciento para obtener valores contrastables.

En la tercera fase, analizaremos los resultados obtenidos con el fin de obtener las consecuentes conclusiones para incorporar al estudio de la variabilidad de la apariencia en la imagen de la arquitectura.

Por lo tanto, en la fase de descripción incluiremos:

- La obra arquitectónica, localización y autor. De tal forma, que quede totalmente identificada.
- Peso visual atendido. Una vez identificada la obra describiremos nuestra intención de estudio. Si queremos analizar una escena completa elegiremos el peso visual integral, y si queremos analizar un objeto concreto como figura entonces elegiremos el peso parcial. Cuando exista mucha diferencia entre el fondo del suelo y del cielo entonces utilizaremos el peso visual parcial dual.
- Tipo de toma utilizada. En este punto describiremos el punto de vista y la perspectiva seleccionada y las razones de su elección.
- Condiciones fotográficas. En este punto describiremos las características y recursos fotográficos utilizados en la representación de las imágenes fotográficas.

- Imágenes en comparación. Aquí describiremos el número de imágenes a comparar que en general será designado en función de la variabilidad de la imagen.
- Margen temporal. En este apartado describiremos el tiempo transcurrido entre las imágenes que entran en comparación.

En la fase de resultados incluiremos:

Sobre las Imágenes integrales:

Los resultados sobre las imágenes integrales serán los siguientes:

Luminosidad:

La luminosidad nos indicará la cantidad de luz que aporta la imagen en su conjunto. Dado que toda la imagen se puede considerar como un todo fondo, entonces será la luminosidad de toda la imagen considerada fondo. Los valores de la luminosidad variaran entre 1 para una imagen de luminosidad total (toda la imagen es blanco puro) y 0 para una imagen sin nada de luz (toda la imagen un negro puro)

Peso visual relativo integral:

El peso relativo integral nos informa de lo que pesa la imagen total de forma relativa, es decir de tal forma que puede ser comparada con otras imágenes.

Cuanta más diferencia de densidades y más equilibrio de masas el peso visual relativo será mayor, llegando hasta un valor máximo de 0.5. Para una imagen sin contraste, es decir con cero diferencia de densidad o con cero equilibrio de masas, tenemos el valor mínimo que es 0.

Centro de Gravedad:

El centro de gravedad es el punto donde se sitúa el peso de la imagen. Para cada imagen con su marco concreto, es decir con unas dimensiones de ancho y alto concretas, obtendremos unas coordenadas de su centro de gravedad (x, y) respecto del ancho y el alto suponiendo que el eje de coordenadas queda situado en la esquina superior izquierda.

Sobre las Imágenes parciales:

Los resultados sobre las imágenes parciales serán los siguientes:

Para el Método simplificado:

Utilizaremos este método cuando el fondo sea más o menos regular o cuando sobre el fondo no existan cambios de contraste grandes.

Luminosidad del fondo

Será el valor de la luminosidad del fondo de la imagen. Este valor determinará la referencia de densidad neutra o densidad de cero absoluto para la figura de dicha imagen en concreto. Igualmente el fondo de una figura puede variar entre un blanco absoluto y un negro absoluto, por lo tanto entre 1 y 0.

Peso visual relativo de la figura

Será el peso relativo de la figura seleccionada, es decir lo que pesa la figura en el total de la imagen de tal forma que pueda ser comparada con el peso de otras figuras en otras imágenes. En este caso, los valores teóricos pueden oscilar entre 0 y 1 aunque lo normal es que se encuentren entre valores un poco mayores de 0 y algo menos de 0.5.

Centro de Gravedad de la figura

Será el punto donde se aplica la fuerza del peso de la figura. De forma general, el peso de la figura se encontrará dentro de su perímetro, sobre todo cuando se seleccionan figuras de edificios arquitectónicos que suelen ser regulares.

Para el Método dual:

Utilizaremos este método cuando exista un gran cambio de contraste en el fondo de la imagen. En fondos de figuras arquitectónicas al exterior puede darse esta situación, es decir pueden existir grandes cambios de contraste entre ciertos suelos y cielos.

Luminosidad del primer fondo

Será la luminosidad del primer fondo contrastante. Generalmente, es el fondo superior de la imagen, es decir el del cielo.

Luminosidad del segundo fondo

Será la luminosidad del segundo fondo contrastante. Generalmente, es el fondo inferior de la imagen, es decir el del suelo.

Peso visual relativo de la figura

Será el peso de la figura, con las mismas características que el obtenido mediante el método simplificado.

Centro de Gravedad de la figura

Será el punto de la imagen donde recae el peso de la figura. También, tiene las mismas características que el centro de gravedad calculado mediante el método simplificado.

En la fase de conclusiones incluiremos:

Variabilidad de luminosidad

En este punto, analizaremos los resultados obtenidos de las diferentes luminosidades y fondos de las imágenes en comparación. Determinaremos los tantos por ciento de variabilidad que existen entre ellos e intentaremos desgarnar el significado de estos valores concretos y las razones que lo justifican.

Variabilidad del peso relativo

En este caso, analizaremos que imágenes o figuras tienen mayor peso visual y cuales aportan menos. De igual forma, determinaremos numéricamente la variabilidad en tanto por ciento entre estos e intentaremos detectar a que se debe la variación o la no variación de estos pesos, así como el significado visual y perceptual que aportan estos datos.

Variabilidad del centro de gravedad

En este punto, analizaremos el grado de equilibrio que tiene cada imagen respecto de su centro geométrico, así como la variación que sufre su posicionamiento en las diferentes imágenes en comparación. De igual forma, aquí obtendremos

unos valores concretos sobre los que trabajar y obtener conclusiones sobre el equilibrio y desequilibrio de imágenes y figuras según varían los factores que actúan sobre las imágenes en diferentes momentos temporales.

Conclusiones generales

Al final, se concluirá con un análisis global, con sus correspondientes conclusiones y posibles medidas ante la realización o actuación directa sobre los factores que actúan en la escena y sobre la apariencia del objeto en función de las intenciones proyectuales.

7.2.3. FACTORES VARIABLES EN LA APARIENCIA DE LA ARQUITECTURA

En general, sobre la variabilidad de la imagen de objetos arquitectónicos suelen actuar varios factores a la vez. No es usual que actué solamente un factor. No obstante, en algunos casos la acción de un factor puede ser muy predominante respecto de la acción de los restantes factores que intervienen en la modificación de la escena.

Por consiguiente, estudiaremos la variabilidad de dos formas; por un lado, atendiendo al factor predominante y por otro, atendiendo a una combinación de factores que crean variabilidad actuando al unísono.

7.2.3.1. Factores que no entraran en nuestro estudio

El cambio de posición y giro, el cambio de escala, el cambio por deformación y el cambio interno no serán objeto de nuestro estudio.

El cambio de posición y de giro en la arquitectura, a pesar de ser de gran interés, no suele ser habitual. Dado que es raro encontrarnos en nuestros escenarios cotidianos con movimiento de arquitecturas de forma conjunta, no los incluiremos en nuestro estudio. De igual forma, tampoco es usual observar cambio de apariencia debido al cambio de escalas o debido a la deformación material de la arquitectura, por lo que tampoco los incluiremos.

Por último, aunque podemos ver algunos casos de sistemas que muestran cambios internos con su consecuente cambio de apariencia, suelen ser casos singulares y en este estudio nos vamos a centrar solo en los factores que actúan modificando la variabilidad de la apariencia externa de arquitectura de forma habitual.

7.2.3.2. Cambio de forma en ciertos elementos del objeto arquitectónico

En torno al cambio de forma, vemos que hoy en día van apareciendo cada vez más edificios con sistemas móviles o elementos que cambian de apariencia. Por lo tanto, este factor si se incluirá en nuestra investigación.

Con el peso visual podremos analizar cómo cambia la imagen de la arquitectura cuando partes del objeto arquitectónico se mueven. Las partes móviles al cambiar, modifican el aspecto y por lo tanto la forma y el color global que transmite el objeto arquitectónico. Este cambio de forma y de color se puede determinar con el peso visual, ofreciéndonos de esta forma unos índices que nos informan de la variabilidad que pueden llegar a crear estos elementos sobre la imagen global.

Lamas móviles en el edificio BIC

Descripción:

La obra arquitectónica seleccionada es el Centro Europeo de Empresas e Innovación de Granada (Edificio BIC). Está localizada en el Campus de La Salud, junto a Armilla y su autor es el arquitecto Francisco Martínez Manso.

Esta obra realizada en el año 2002 responde a un programa determinado por el Instituto de Fomento de Andalucía para el Centro Europeo de Empresas e Innovación, cuya finalidad principal es servir de vivero de empresas. El programa se constituye de oficinas, laboratorios, naves industriales y equipamiento común.

Se estructura mediante una espina dorsal que comunica los cuatro bloques destinados a oficinas y laboratorios con el edificio de administración y servicios comunes, creando patios ajardinados entre los edificios y entre la galería y las naves industriales.

Las naves destinadas al alojamiento de pequeñas industrias cierran uno de los laterales de la parcela disponiendo así todas de un acceso individual desde la calle, así como un acceso peatonal desde el interior de la manzana.

El conjunto incluye un aparcamiento subterráneo común con accesos a todos los edificios.

Se utilizan como materiales de acabado la piedra natural, la madera y el acero inoxidable que producen una imagen a la vez amable y expresiva del carácter tecnológico del edificio

El proyecto se realizó en colaboración con el estudio de ingeniería Pereda 4 de Málaga.

(Fuente: web; Martínez y Soler Arquitectura).

Sobre el conjunto arquitectónico, nosotros hemos elegido una imagen del volumen cilíndrico principal donde podemos estudiar la variabilidad debida al movimiento de las lamas exteriores de madera que protegen y dejan pasar la luz al interior.

El Peso visual atendido será el peso visual integral, ya que en las imágenes lo único que va a variar será el movimiento de las lamas, y nuestro objetivo aquí es ver como su movimiento afecta a toda la escena.

En torno al tipo de toma utilizada, hemos elegido una perspectiva frontal donde las lamas ocupan la parte central de la imagen (Figura 594).



Figura 594

Las condiciones fotográficas y de edición utilizadas han sido la utilización de balance de blancos para igualar los tonos de las imágenes.

Por otro lado, se han mantenido los mismos fondos para que estos no afecten al estudio del movimiento de elementos arquitectónicos.

Hemos elegido cuatro imágenes para comparar, ya que son suficientes para representar el movimiento de lamas habitual de este edificio.

En cuanto al margen temporal entre imágenes, aunque hemos utilizado cuatro imágenes diferentes obtenidas a lo largo de un año, el movimiento de lamas se puede realizar en el momento en el que el usuario lo decida, es decir el cambio de

aparición puede aparecer en el instante en el que el usuario mueva las lamas, y generalmente suele ocurrir atendiendo a las necesidades de iluminación del espacio interior.

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 2310 x 1800	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD 1155 , 900
1. Lamas A	0.5620	0.2349	1078.3 , 879.8
2. Lamas B	0.6049	0.2092	1017.8 , 921.7
3. Lamas C	0.6071	0.2184	1080.8 , 896.2
4. Lamas D	0.6148	0.2123	1078.5 , 906.1

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:



Figura 595

De los resultados obtenidos, al ser comparados extraemos que el cambio de luminosidad en las imágenes se debe exclusivamente al movimiento de lamas debido a que es lo único que cambia en las imágenes, siendo más oscura la imagen con la mayoría de lamas abiertas $L_1=0.5620$ y la más clara la imagen que aparece con todas las lamas cerradas $L_4=0.6148$. De la misma forma, detectamos que existe una variación entre ambas del 5.28%, situándose todas en la franja media del rango de las luminosidades.

En cuanto al peso relativo vemos que los diferentes pesos relativos se sitúan en valores medios, todos superando el $P_r=0.2$. En este caso, y en la misma línea que con las luminosidades, vemos que la imagen con las lamas abiertas aporta más peso relativo a la imagen, al mostrar el interior oscuro. En este caso, la variación entre las imágenes 1 y 3 es del 5,16%.

Por otro lado, y en torno a los centros de gravedad (Figura 595), observamos lo siguiente; aunque la figura del volumen arquitectónico está centrada vemos que existe un desplazamiento del centro de gravedad hacia la izquierda debido al soleamiento y las sombras. En este caso existe un 10,55% de desequilibrio hacia ese lado, entendiendo este tanto por ciento cómo la distancia que separa dicho centro de gravedad respecto del centro geométrico de la imagen. Si

observamos la imagen 1 vemos que el desequilibrio aumenta. Este desequilibrio se debe a la asimetría en la abertura de las lamas, ya que en la parte de la izquierda hay más lamas abiertas que en la derecha. Por otro lado, si comparamos la variación entre los centros de gravedad vemos que entre los centros de gravedad de 2 y de 4 existe una variación cercana al 5 %.

Conclusiones:

Las conclusiones que sacamos de este estudio, es que los elementos móviles pueden cambiar en gran medida la apariencia de un edificio, así como la escena donde se encuentran situados, en un corto espacio de tiempo. Este cambio constante de apariencia, puede ser intencionado o no, es decir su uso puede provocar imágenes estudiadas o imágenes descontroladas. Por lo tanto, se hace necesario el análisis por parte del diseñador de los posibles cambios y variaciones debidos al uso y al movimiento de estos elementos a lo largo del día y del año, ya que estos cambios modifican en gran medida la apariencia del edificio.

Por ejemplo, unos elementos claros que muestren un interior oscuro al moverse, pueden hacer que la luminosidad cambie totalmente de lo claro a lo oscuro. En nuestro caso, las lamas al ser marrones no aportan mucha luminosidad y aun así producen un cambio sobre toda la imagen superior al 5%. De la misma forma, el peso de la imagen puede cambiar según la variación de contrastes se hace más acusada. Para una luminosidad media de la imagen cercana a $L=0.5$ cualquier variación de los elementos cambiantes hacia la oscuridad del negro o hacia la claridad del blanco hará que la imagen pese más, y por lo tanto cualquier acercamiento al valor de 0.5 hará la imagen más leve. En nuestro caso el cambio de peso que aportan las lamas al moverse es también superior al 5%.

Por último, observamos que con el movimiento de elementos podemos conseguir composiciones equilibradas o lo contrario composiciones desequilibradas en función de los elementos que se muevan y sobre la parte del edificio que se muevan. En nuestro caso, el cambio de centros de gravedad entre imágenes más centradas y más descentradas llega al 5% del máximo posible.

Por lo tanto, concluimos que haciendo un estudio intencionado de la variabilidad de los elementos móviles en la arquitectura, ya desde el germen del proyecto, se pueden mostrar apariencias distintas y estas pueden atender adecuadamente a diferentes objetivos dinámicos. De esta forma, podemos aportar o disminuir luminosidad y peso a la escena, es decir podemos hacer notar o hacer pasar más desapercibido un edificio en su entorno cambiando estos elementos en un momento determinado. Si tenemos en cuenta que el desarrollo tecnológico actual nos permite realizar todas estas acciones y movimientos desde el control domótico, entonces su utilización nos puede permitir un ahorro de energía considerable.

Por ejemplo, para hacer notar el edificio BIC podríamos abrir todas las lamas y encender las luces interiores de forma automática al llegar la noche, en este caso la luminosidad interior y el contraste provocado daría un aporte de gran peso a la figura edificio, configurándolo de esta forma como referente de la escena urbana donde se inserta.

7.2.3.3. Cambio por adicción de elementos en el objeto arquitectónico

Ciertos paramentos arquitectónicos están constantemente cambiando su apariencia debido a la adicción de objetos, de pinturas, de carteles, de posters, etc.

Este cambio es detectado mediante el peso visual y con él podemos determinar cómo varía el centro de gravedad de la imagen, su luminosidad y el peso relativo según se realiza la inclusión de estos nuevos elementos.

La adición de un cartel y un reloj sobre la composición en un paramento

Descripción:

La obra en estudio es el diseño de una composición abstracta para una de las paredes de la cafetería del Instituto Cartuja de Granada, situado en la calle Julio Moreno Dávila, 18 de Granada. El diseño fue realizado por el arquitecto Raúl Parada Castellano en el año 2011.

La composición está realizada por azulejos de diferentes colores siguiendo un patrón abstracto siguiendo la línea de las composiciones neoplasticistas, de la corriente De Stijl y de Piet Mondrian realizadas a principios del siglo XX.

En este estudio analizaremos cómo podría cambiar la composición en conjunto al incluir un reloj o un cartel en diferentes posiciones del paramento, por lo tanto, el peso visual atendido será el integral, ya que nos interesa la acción visual de toda la obra en su conjunto.

El tipo de toma utilizada ha sido una perspectiva vertical frontal de tal forma que el marco de la imagen coincidiera con el marco de la composición (Figura 596).

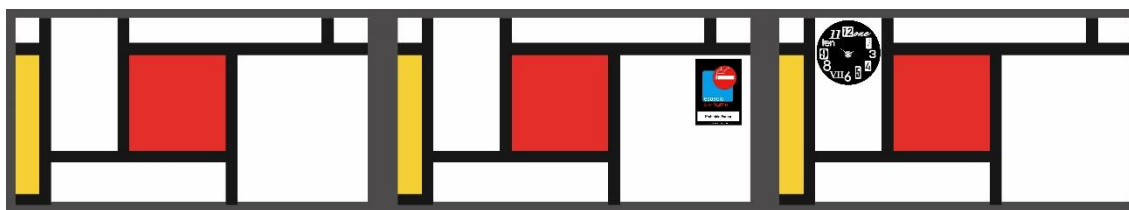


Figura 596

En cuanto a las condiciones fotográficas, dado que es un diseño hemos utilizado los valores de los colores aportados en fichas técnicas por la empresa suministradora de los azulejos.

Para las imágenes en comparación se han seleccionado tres, el diseño del paramento sin ninguna adicción, el diseño con la adicción de un cartel en el lateral derecho y el diseño con la adicción de un reloj moderno en el otro lateral. El margen temporal supuesto es el de un curso escolar, que es un margen de tiempo adecuado donde suelen producirse este tipo de cambios.

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las tres imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
1893 x 1002			946.6 , 501
1.Pared Base	0.7643	0.3037	926.7 , 483.8
2.Pared con Cartel	0.7329	0.3256	959.6 , 484.6

3.Pared con Reloj	0.7245	0.3353	909.2 , 473.7
-------------------	--------	--------	---------------

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 597):

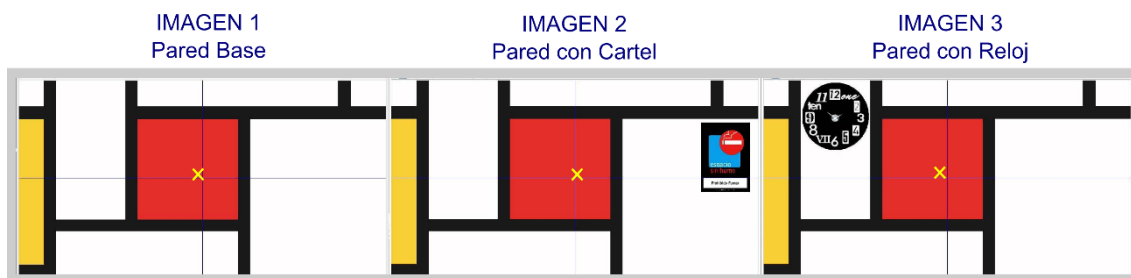


Figura 597

Analizando los resultados obtenidos observamos que las tres composiciones tienen unos valores lumínicos altos por encima de $L= 0,70$. En concreto, la mayor variación de luminosidad se produce entre la imagen 1 y la imagen 3, con cerca de un 4% sobre la variación total posible.

En cuanto al peso relativo, los pesos de las tres imágenes superan el peso medio $P_r=0,25$, siendo todos superiores a $P_r=0,30$. En este caso, la variación entre la imagen 1 y la imagen 3 llega a un 6,32%, es decir la imagen 3 con la incorporación del reloj aumenta en gran medida el peso de la composición. En el caso del cartel, también aumenta el peso de la composición pero en este caso lo hace en menor medida.

Fijándonos en los centros de gravedad, vemos que la imagen 1 se encuentra relativamente centrada con un poco de desequilibrio hacia el cuadrante superior izquierda, al incluir el cartel el equilibrio pasa al otro cuadrante donde podemos observar que existe una variación entre la imagen 2 y el centro geométrico de la imagen del 3,91%. Con la inclusión del reloj en la imagen 3 acentuamos el desequilibrio hacia el cuadrante superior izquierda, existiendo en este caso una variación entre la imagen 2 y la imagen 3 del 4,87%.

Conclusiones:

Este análisis nos aporta una forma de compensar o descompensar composiciones temporalmente, así como de cambiar el peso y la luminosidad media en función de nuestras intenciones expresivas. Por lo tanto, la condición efímera de las adiciones nos permite modificar el equilibrio compositivo en momentos concretos.

En nuestro ejemplo, si nuestra intención es mostrar una composición equilibrada bastaría con colocar un cartel más pequeño en la parte derecha y un poco más abajo. Si nuestra intención es desequilibrarla más podríamos desplazar el reloj hasta la esquina superior izquierda. Por otro lado, si queremos aumentar su peso debemos incluir elementos oscuros o negros, y si queremos reducirlo podemos incluir elementos blancos o grises claros sobre los negros. De la misma forma cuanto más blanco o colores claros introduzcamos más luminosidad adquirirá la composición y cuanto negro o colores oscuros añadamos menos luminosidad tendrá.

7.2.3.4. Cambio en la textura

Las texturas de las pieles arquitectónicas están cambiando constantemente. En la mayoría de los casos, la acción continuada de los agentes atmosféricos y contaminantes de las urbes va dejando una huella en estas superficies que afecta directamente al cambio su apariencia.

Por otro lado, existen casos donde el cambio de factura en la textura se debe a un tratamiento superficial del material que conforma la superficie arquitectónica. Mediante el peso visual podemos contrastar en qué grado el deterioro medioambiental o la rehabilitación de ciertos paramentos, cambia la imagen del objeto arquitectónico.

Variabilidad en las texturas del edificio Zaida

Descripción:

La obra en estudio se denomina Edificio Zaida (Casa Patio). Se encuentra situado en uno de los laterales de la Plaza de la Fuente de las Batallas de Granada. Esta obra fue proyectada por el arquitecto portugués Álvaro Siza Vieira y su construcción empezó en el año 2000.

(Fuente: web; On diseño)

Las intenciones funcionales de este proyecto atienden al uso residencial, de oficinas y de locales comerciales, así como las de incluir una vivienda con un patio interior. Mientras que las intenciones expresivas son las de dar respuesta a la complejidad del escenario del entorno de la fuente de las batallas de Granada, así como atender los desequilibrios urbanos y los compromisos arquitectónicos y paisajísticos que la ciudad ofrece en dicho entorno.

Dado que nuestro objetivo es estudiar la variabilidad de la apariencia de las texturas de este edificio en el transcurso del tiempo. Vamos a comparar muestras de sus texturas abarcando la totalidad de las imágenes por lo que utilizaremos el peso visual integral.

Las imágenes utilizadas para comparar serán las mismas muestras de las texturas obtenidas de imágenes en perspectiva paralela a la fachada del edificio (Figura 598). Para realizar este estudio se han seleccionado cuatro imágenes de diferentes momentos a lo largo de tres años, incluyendo el antes y el después de la restauración de la fachada, por lo tanto podremos observar los efectos climatológicos y de humedad sobre dichos materiales.

Las imágenes de donde se han obtenido las muestras (rectángulos selección roja) representan las texturas y se muestran tal y como están situadas en sus paramentos respectivos. Por otro lado, para ser comparadas correctamente se han igualado las luminosidades generales de las muestras.



Figura 598

Dado que el edificio muestra la textura de dos tipos de piel exterior, que son; la piel lisa y blanca del paramento superior y el gran zócalo gris de piedra de Sierra Elvira, estudiaremos las variaciones de apariencia sobre las dos texturas (Figura 599).

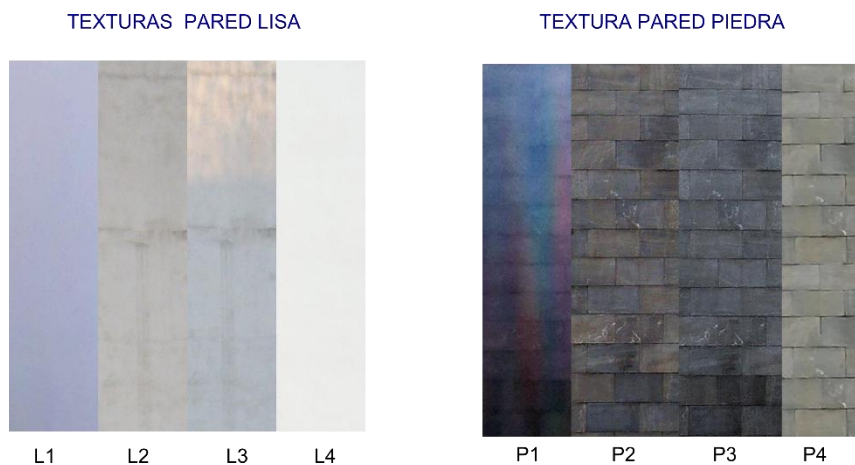


Figura 599

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cuatro texturas lisas y a las cuatro de piedra hemos obtenido los siguientes resultados:

I. LISA 176 x 731	L	P.R	C.G 88 x 365.5	I. PIEDRA 176 x 731	L	P.R	C.G 88 x 365.5
L1	0.9041	0.0193	87.6, 385.5	P1	0.3237	0.1211	93.2, 372.9
L2	0.8820	0.0307	92.7, 355.8	P2	0.3762	0.0577	89.5, 371.5
L3	0.8849	0.0294	88.4, 308.7	P3	0.3605	0.0676	89.8, 387.8
L4	0.9329	0.0030	90.6, 374.5	P4	0.5515	0.0380	93.2, 347.4

Analizando los resultados obtenidos, observamos que las luminosidades en la textura lisa son altas, algo lógico ya que el paramento es blanco. Con el paramento restaurado la luminosidad supera el 93%. Sin embargo vemos que con el paramento sin restaurar y mostrando las huellas de los agentes climatológicos se sitúa en torno al 88%, es decir con una variación que supera el 5%. Por otro lado, las luminosidades de las muestra de piedra son más bajas. Dado que la piedra

es gris las luminosidades se muestran en general por debajo del 50%, solamente la muestra restaurada supera por poco este valor y la variación entre ellas también se hace notable.

En cuanto al peso relativo, observamos que los pesos del paramento blanco son bajos en general, de hecho un paramento blanco ideal debe tener un peso cercano a cero. En nuestro caso, la muestra restaurada presenta un $P_r=0.003$. Sin embargo, en las otras muestras, vemos el efecto de las manchas que hacen que el peso aumente, llegando a existir una variación entre las muestras 2 y 4 superior al 5%. En el caso de la muestra de piedra al poseer textura, su peso es mayor, sin embargo al no ser una textura muy contrastante sus pesos son bajos. En este caso también observamos que existe un cambio notable entre las muestras antes y después de ser restauradas.

Si analizamos ahora los centros de gravedad, en teoría deberían mostrarse equilibrados, es decir toda textura muestra un equilibrio que se acentúa con su regularidad, puesto que estamos tratando texturas muy homogéneas su centros de gravedad deberían estar totalmente equilibrados, sin embargo la acción de los agentes atmosféricos quitan regularidad a estos paramentos y podemos observar cómo no se muestran muy equilibrados, en concreto vemos variaciones en el paramento blanco entre la muestra 1 y la 3 que supera el 20%. Mientras que en el paramentos de piedra al mostrarse más homogéneo (no se tiene en cuenta P1 debido a que la muestra no se considera adecuada) la variación entre la muestra 3 y la 4 solo alcanza el 10.94%.

Conclusiones:

Como conclusión ante este análisis se certifica la capacidad que tienen las humedades y los agentes atmosféricos de cambiar la imagen exterior de los edificios de forma incontrolada y fuera de cualquier intención compositiva, sobretodo observamos que esta acción cobra mayor fuerza negativa cuando los paramentos son lisos y claros. Cuando las texturas son oscuras la acción de estos agentes se hace menos visible.

Por consiguiente, la humedad suele adquirir tonos oscuros que contrastan ensuciando y empobreciendo la imagen del edificio, ya que su percepción se asocia normalmente con la decadencia y la dejadez.

En nuestro caso, llama la atención que el edificio sea relativamente nuevo y el nivel de variabilidad mostrado en tan corto plazo de tiempo debido a estas humedades. Lo que nos indica que para prevenir estas circunstancias es indispensable realizar y construir estos paramentos con materiales y técnicas que eviten estas patologías con total seguridad a corto y medio plazo.

Una textura observada desde diferentes distancias

Descripción:

Sobre el mismo edificio Zaida vamos a realizar un estudio para analizar el cambio de apariencia de una misma superficie cuando es observada desde diferentes distancias. En este caso, nos vamos a centrar exclusivamente en los paramentos de piedra de Sierra Elvira, y puesto que nos interesa la acción de la textura en su conjunto el peso visual atendido será el peso integral.



Figura 600

Las imágenes aportadas tienen marcos rectangulares de igual proporción y estarán realizadas sobre las mismas muestras de forma perpendicular al plano de su superficie desde cuatro distancias diferentes tomadas con luz diurna y consecutivamente, intentando que exista la menor variabilidad lumínica posible para que la comparación sea adecuada.

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las cuatro imágenes a diferentes distancias hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
522 x 649			261 , 324.5
Piedra 1	0.6752	0.0913	244.0, 348.2
Piedra 2	0.7221	0.0625	259.2, 347.5
Piedra 3	0.7117	0.0630	260.8, 338.4
Piedra 4	0.7429	0.0507	256.7, 360.0

Al analizar los resultados, vemos que las luminosidades se sitúan por encima del 65% mostrando una textura clara que va aumentando su luminosidad según nos acercamos. En concreto la variación entre la muestra 1 y la muestra 4 es del 6.77%. Esto se debe a que cada placa pétreo aporta algo de diferencia respecto de las otras, por lo tanto según nos retiramos la homogeneidad de la textura se va regularizando.

En cuanto al peso observamos que los pesos relativos son bajos en general porque la textura no presenta contrastes elevados. También observamos que la muestra general pesa más que la particular, en concreto existe una diferencia entre la muestras 1 y 4 del 8.12%, esto se debe a que la diferencia de contrastes de segundo nivel, es decir entre un grupo de piezas del aplacado es bastante mayor que la diferencia de contrastes de primer nivel, en concreto las que producen las vetas y composiciones mineralógicas, así como la junta en una sola pieza pétreo.

Al analizar la variabilidad de equilibrio notamos que existe cierto desequilibrio que se va homogeneizando según nos retiramos. En concreto observamos que existe una variación del centro de gravedad entre la muestra 1 y la muestra 4 del 4,25%.

Conclusiones:

Como conclusión ante este estudio obtenemos que si queremos mostrar superficies de texturas con cierta homogeneidad y equilibrio debemos estudiar la colocación de los diferentes elementos de tal forma que queden equitativamente repartidos a lo largo de la superficie a rellenar. En caso contrario, nos podemos encontrar con unas partes más oscuras y otras más claras, creando desequilibrios compositivos no intencionados en la apariencia de estas superficies arquitectónicas. Por lo tanto, cuando los elementos que forman la textura presentan ciertas irregularidades es esencial el control de su colocación en obra para evitar estas posibles descompensaciones visuales no intencionadas.

7.2.3.5. Cambio en las luces del objeto

Hoy en día es cada vez más usual observar como edificios cambian su apariencia nocturna con la utilización de diferentes luces variables que se proyectan desde estos hacia el exterior. En estos casos, los espacios temporales de cambio suelen cortos, es decir en rangos de segundos, de tal forma que el cambio de luz interna en muchos casos tiene el objetivo prioritario de llamar la atención del observador.

En función de la cantidad, composición e intensidad de luces, el cambio de apariencia del objeto puede ser enorme. El cambio entre unas imágenes y otras se puede medir con el peso visual, no solo a nivel de luminosidades, sino que también podemos observar cómo cambia el centro de gravedad en función de la variabilidad de composición de la iluminación.

Luces en acción en un centro comercial en Navidad

Descripción:

El edificio elegido es un edificio comercial de grandes almacenes de la empresa El Corte Inglés decorado con luces de navidad.

El peso visual atendido será el peso integral ya que nos interesa observar cómo varía toda la escena en conjunto cuando las luces de Navidad cambian.

Por lo tanto, el tipo de toma utilizada es una toma nocturna desde un punto de vista peatonal elegido al azar que nos permite ver adecuadamente este cambio de apariencia.

Para realizar la comparación, se han elegido cinco imágenes correlativas en el tiempo atendiendo a los cambios lumínicos más destacables de la secuencia decorativa (Figura 601).



Figura 601

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cinco imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
--------	-------------	---------------	-----------------

1377 x 764			688.5 , 382
1.Luces moción A	0.2216	0.0964	608.0 , 331.0
2.Luces moción B	0.2535	0.1151	642.1 , 345.6
3.Luces moción C	0.3223	0.1826	657.5 , 347.1
4.Luces moción D	0.4070	0.2278	670.4 , 370.0
5.Luces moción E	0.2924	0.2525	676.9 , 371.8

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 595):



Figura 602

En primer lugar observamos que los rangos de luminosidad general de las imágenes oscilan entre el 22% y el 40%, es decir casi un 20%. Por otro lado, los pesos visuales también varían bastante, desde imágenes sin prácticamente contraste como es la imagen 1 con menos del 20%, hasta la imagen bien contrastada 5 con un 50%, existiendo entre ambas una variabilidad superior al 30%. Por último, los centros de gravedad también cambian, este cambio se produce en función de la composición programada para cada instante, en este caso existe un desequilibrio entre la imagen 1 y la imagen 5 del 10.19%.

Conclusiones:

Con la inserción de luces nocturnas se puede cambiar enormemente la apariencia externa de un edificio o parte de este, pero si además estas luces cambian en una secuencia temporal corta (en el rango de cambio por segundo) entonces la sensación de objeto variable y dinámico es total. En general, el objeto se convierte en una llamada de atención debido a sus cambios de luminosidad y peso repentino, y por otro lado el dinamismo visual produce una secuencia de balanceo visual intencionado. Estas características están siendo muy utilizadas como recurso publicitario nocturno en ciertos edificios, sin embargo, también se podría estudiar la inserción de secuencias lumínicas dinámicas con intenciones artísticas y expresivas con variaciones progresivas sobre espacios temporales más largos. Lo positivo de esta posibilidad es que la utilización de las luces es voluntario, tiene un carácter temporal y las posibilidades composicionales son infinitas creando imágenes de edificios asociadas a objetos variables y dinámicos.

7.2.3.6. Cambio en el entorno

Por otro lado, también vamos a estudiar el grado en el que pueden afectar los cambios en el entorno que rodea al objeto arquitectónico en diferentes momentos temporales.

La aparición y desaparición de la vegetación estacional, los cambios del cielo en un mismo día así como el cambio debido a elementos móviles del entorno, afectan a la variabilidad de la imagen de la escena arquitectónica y a su peso visual. En este caso, a parte de la cantidad de variabilidad en la imagen a través del peso visual, nos interesa determinar el rango temporal en el que se producen estos cambios. En este sentido analizaremos los cambios en un mismo entorno en momentos diferentes de un día, así como los cambios en diferentes momentos de un año.

Por otro lado, también analizaremos como hipótesis lo que puede cambiar la apariencia de un objeto arquitectónico al cambiar totalmente el entorno en el que se inserta.

La vegetación en una vivienda residencial de Granada

Descripción:

Para este análisis hemos elegido una Vivienda unifamiliar en una esquina de la Calle Alhami en Huetor Vega, Granada. Dado que en este caso nos interesa como la vegetación estacional puede cambiar la apariencia general de un entorno arquitectónico, vamos a utilizar en nuestro estudio el peso visual integral, ya que el único cambio que aparece en las imágenes es el que produce la vegetación al cambiar a lo largo del año.

Las imágenes utilizadas están realizadas desde la calle con una perspectiva peatonal general de la vivienda y se han elegido los tres momentos de máxima variabilidad en la vegetación a lo largo de un año (Figura 603).

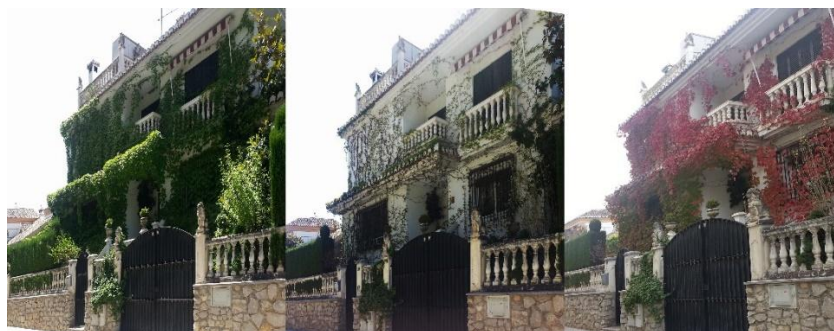


Figura 603

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las tres imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
2297 x 2696			1148.5 , 1348
1.Vegetación A	0.4502	0.2947	1016.9, 1226.9
2.Vegetación B	0.4938	0.2926	1032.5, 1254.8
3.Vegetación C	0.5327	0.2455	988.9, 1262.7

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 604):

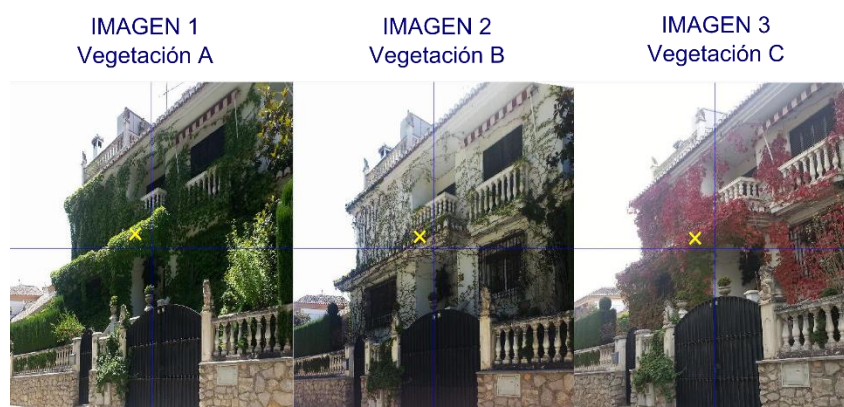


Figura 604

Dado que lo único que cambia en estas imágenes es la vegetación, vamos a ver cómo afecta a los indicadores del peso visual.

En torno, a la luminosidad observamos que existe cierta oscilación sobre valores medios con una diferencia entre la imagen 1 y la imagen 3, del 8,25%. En cuanto a la variación del peso relativo vemos que entre las imágenes 1 y 3, la variación se acerca al 10%.

Al observar, los centros de gravedad vemos que la variación es menor, por ejemplo la variación entre 2 y 3 no supera el 3%. Esto se debe, a que la vegetación se reparte de forma, relativamente homogénea por toda la superficie del edificio, por lo tanto cuando cambia, lo hace sobre toda la imagen y el equilibrio se mantiene.

Conclusiones:

La inserción de pieles vegetales sobre elementos arquitectónicos ofrece un carácter de apariencia variable de carácter estacional. Este cambio natural, no es impredecible, es decir la variación paulatina de la composición de la escena estacional se puede establecer intencionadamente como una obra expresiva mutante.

Por lo tanto, ante la elección de esta posibilidad expresiva y de interacción medioambiental, en función de las intenciones del autor se podrá optar por cambios más acentuados de luminosidad, de peso y de equilibrio, en función de la colocación de los elementos florales y vegetales, de los ciclos de floración y de la selección de las diferentes especies.

Cambio de la escena debido al movimiento en la calle Ganivet de Granada

Para analizar la variabilidad que pueden provocar los elementos móviles, lo peatones y lo vehículos en la escena urbana hemos elegido una imagen del centro de Granada con gran tránsito y dinamismo.

Descripción:

El entorno elegido pertenece a una calle del centro de Granada, en concreto a la calle Ángel Ganivet. Es una calle de quince metros de ancho que va desde la plaza de Mariana Pineda hasta Puerta Real. Sus aceras transitan bajo soportales de edificios de mitad del siglo pasado con arcadas y mantiene la circulación vial en un sentido. Hoy en día los locales de los soportales están dedicados al comercio y mayormente al sector servicios y a la restauración. Esta calle fue un

proyecto de reforma interior del barrio llamado Manigua Baja que se fraguó en los años veinte, aunque fue ejecutada tras la Guerra Civil, entre 1940 y 1943, siendo alcalde Gallego y Burín. (Fuente: *web calles de Granada; el ideal.es*)

Las imágenes seleccionadas pertenecen a una perspectiva frontal de los soportales tomada desde la parte opuesta de la vía de tal forma que se pueden observar todos los tipos de movimientos externos que suceden en dicha calle.

De esta perspectiva se han seleccionado cinco imágenes secuenciadas tomadas en el mismo instante temporal con el objetivo de que sea analizado exclusivamente el efecto de los elementos cambiantes externos. Las imágenes en este caso son nocturnas, ya que la luz artificial de la vía es menos variable que la luz diurna (Figura 605).



Figura 605

Por otro lado, dado que en este caso nos interesa el cambio de apariencia debido a los elementos móviles de la escena, utilizaremos el peso visual integral para su análisis.

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cinco imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
1362 x 765			681 x 382.5
1.Ganivet A	0.3237	0.1232	613.8, 390.2
2.Ganivet B	0.3135	0.1183	611.5, 388.6
3.Ganivet C	0.3271	0.1258	620.4, 398.3
4.Ganivet D	0.3049	0.1234	600.2, 398.8
5.Ganivet E	0.3364	0.1297	650.3, 432.0

En primer lugar observamos que la luminosidad es baja, algo lógico para ser imágenes de escenas nocturnas con poca variación nocturna, en concreto entre la imagen 4 y la imagen 5 hay un poco más del 3% de diferencias de luminosidades. Esto es normal debido a que los objetos que se mueven no muestran cambios de luminosidad notables en la dirección de observación.

En el caso del peso relativo, vemos que la situación es análoga. Los pesos son relativamente bajos ya que las imágenes son oscuras y no incluyen elementos claros con suficiente fuerza para elevar su peso. De hecho, la variabilidad de peso entre la imagen 2 y la imagen 5 es algo solamente algo mayor del 2%.

En cuanto a los centros de gravedad observamos que llega a existir una variación mayor. Básicamente estas situaciones aparecen en los momentos donde las masas que entran y salen se encuentran cerca de los márgenes de los marcos de las

imágenes. Por ejemplo, la variación entre la imagen 4 y la imagen 5 es de un 7,67%. No obstante, estos desequilibrios son momentáneos y se suceden según el tránsito de la vía que en este caso es muy fluido.

Conclusiones:

El movimiento de personas y vehículos también modifica la imagen donde se insertan los elementos arquitectónicos. Esta variabilidad es generalmente baja en cantidad pero muy alta temporalmente. Dependiendo del tamaño del objeto o escena estudiado la variabilidad suele ser menor cuanto más abrimos el campo visual. Por otro lado, la variabilidad depende de la cantidad de tráfico en la escena, cambiando en momentos del día de no ser prácticamente transitada hasta llegar a ser muy transitada como es el caso de nuestro estudio. Por lo tanto, la variabilidad temporal puede ser muy acusada y con ritmos de movimiento heterogéneos incontrolados.

Si los elementos arquitectónicos que conforman estas escenas presentan una apariencia estable, aparte de equilibrar la variabilidad, estos se establecen como elementos visuales de referencia y orientación espacial. Sí los elementos arquitectónicos a su vez muestran gran variabilidad entonces configuran la totalidad de la escena como un espacio efímero donde todo está cambiando constantemente.

Simulación del cambio total del entorno del edificio Zaida

En este caso, vamos a simular teóricamente lo que pasaría si cambiará todo el entorno que rodea al objeto arquitectónico, es decir si el mismo edificio apareciera en otro escenario totalmente diferente. Por lo tanto, el objetivo es analizar cómo cambiaría la imagen de un mismo edificio si su entorno fuera totalmente mutable.

Descripción:

El edificio elegido es el edificio Zaida de Granada sobre el que ya hemos tratado. Hemos elegido este edificio ya que dispone de unas dimensiones aptas para ser encuadrado adecuadamente en diferentes escenas. Dado que en este caso lo que nos interesa es estudiar el efecto completo de toda la escena utilizaremos el peso visual integral sobre una imagen desde una perspectiva general donde el edificio es una parte más del entorno.

Para estudiar las hipotéticas variabilidades hemos elegido cinco entornos totalmente distintos, siendo el primero, el entorno real donde se encuadra el edificio (Figura 606).



Figura 606

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las cinco imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 264 x 385	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD 132 , 192.5
1.Entorno A	0.6290	0.1982	129.9 , 164.7
2.Entorno B	0.5539	0.2528	129.6 , 165.6
3.Entorno C	0.5886	0.1769	123.3 , 193.4
4.Entorno D	0.6073	0.2022	131.5 , 190.5
5.Entorno E	0.6267	0.1254	134.9 , 154.0

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 607):

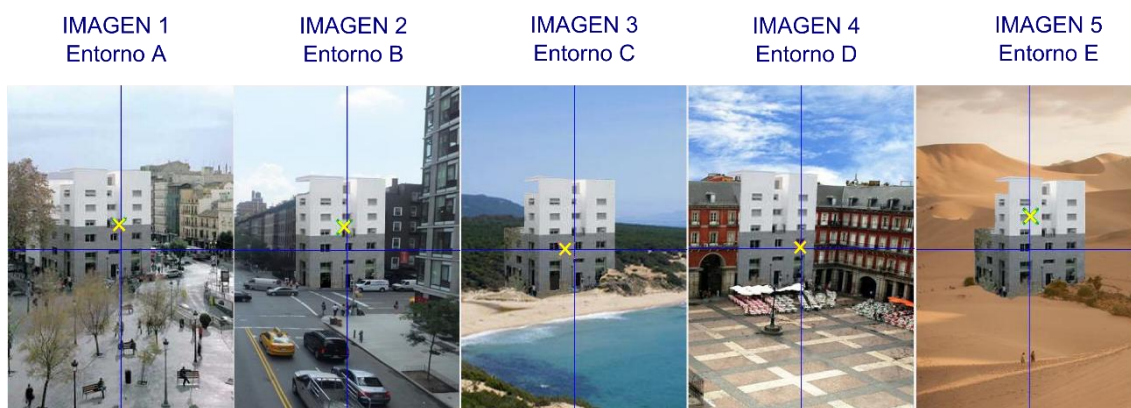


Figura 607

En primer lugar, al observar las luminosidades notamos que todas las imágenes tienen una luminosidad superior a la media ($L_m=0.5$) debido a que todas las escenas están retratadas con luz diurna. La variación del escenario más claro (imagen 1) y el más oscuro (imagen 2) es del 7.51%.

Sin embargo, la variabilidad de los pesos relativos es más acusada. En función del escenario donde se inserta el edificio el peso cambia totalmente desde valores altos donde el edificio y el entorno muestran mucho contraste en la imagen (imagen 2), hasta valores bajos donde la escena se muestra muy constante (imagen 5). Entre estas dos imágenes detectamos una variación de peso del 25.48%.

Por último, también observamos una gran variabilidad de los centros de gravedad. Por ejemplo la variación entre la imagen 3 y la imagen 5, llega hasta el 17,36%.

Conclusiones:

La inevitable conclusión de este análisis muestra que el entorno donde se sitúa una misma obra arquitectónica cambia totalmente su imagen. El peso visual nos confirma que al cambiar un entorno, la apariencia del objeto cambia y con ella cambian los pesos visuales y los centros de equilibrio visual de la imagen donde se enmarca.

Por lo tanto, al no atender al entorno visual donde se situará un proyecto u obra, en cierto modo no se está atendiendo a la expresividad real que tendrá una vez realizado. Sobre este punto, queremos hacer notar que cuando hablamos de atender

al entorno, no solo hablamos de volúmenes y espacialidad, hablamos también de colores, texturas y elementos varios que convivirán realmente con la obra en su escenario real.

7.2.3.7. Cambio de la luz que ilumina la escena

El cambio de apariencia debido a la variabilidad de la luz sobre el objeto o la escena arquitectónica siempre está presente y puede quedar totalmente reflejado mediante el análisis del peso visual.

En la totalidad de una imagen o de una escena podemos observar cómo cambia la luminosidad, el peso relativo y el centro de gravedad de dicha imagen según va cambiando la luz que la ilumina, ya sea natural o artificial, sin cambiar la perspectiva visual.

Los efectos que crean mayor variabilidad, como vimos, son los debidos al cambio de la intensidad de la luz, al cambio del color de la luz, al cambio del tipo de luz y al cambio del movimiento de estas.

En general, sobre la escena arquitectónica exterior, la variabilidad de la luz suele ser debida al cambio de varios de los factores simultáneamente. Por ejemplo con el movimiento del sol se cambia también la intensidad y el color de este, sin contar cuando hay nubes, y cuando llega la noche la iluminación que afecta a la escena suele deberse a la actuación de varias luces artificiales iluminando a la vez. Esto nos informa de que en el exterior no se puede controlar totalmente la apariencia de una escena, ya que las condiciones lumínicas debidas a la climatología y al azar de los movimientos de ciertas luces artificiales se escapan de todo control posible.

La luz del sol cambia constantemente a diario y a lo largo del año, aunque sus ciclos son constantes y pueden determinarse. Sin embargo, no podemos controlar la aparición de nubes que tapen el sol, así como la variabilidad de las determinadas apariencias de las nubes. En general, las nubes al tapar el sol crean un filtro que atenúan su intensidad y la vuelven difusa provocando menos sombras, de tal forma que según las nubes se hacen más espesas y negras su efecto se hace mayor.

No obstante, en estos casos podríamos llegar a determinar el rango de la variación de luminosidad, es decir podríamos determinar la acción lumínica sobre la escena para un día totalmente despejado, respecto de la misma escena con la acción de todos los diversos filtros difusos que pudieran actuar modificando su luminosidad.

Por lo tanto, aunque no podamos establecer de antemano la iluminación exacta de una escena exterior por razones climatológicas, podemos controlar los márgenes de variabilidad lumínica de la escena y sus recorridos o áreas de acción, es decir podemos establecer los polos máximos y mínimos sobre los que variará, y las posibles formas de evolución entre ellos. De tal forma, que la herramienta que nos permite de establecer estos parámetros con precisión es el peso visual.

Por otro lado, en escenas interiores el control puede ser todavía más exhaustivo. En estos casos, la luz procedente del exterior es la mayor responsable de la variabilidad, pero en esta situación, se pueden controlar mejor al estudiar los lugares exactos por donde entrará y la forma en lo que lo hará, siendo por lo tanto su amplitud de variabilidad y recorridos menor.

Nosotros vamos a proponer diversos análisis, tanto sobre composiciones en proyecto cómo sobre escenas reales con el fin de mostrar cómo estas variabilidades se suceden:

La intensidad y la dirección de la luz

En primer lugar proponemos el diseño de un paramento de un espacio interior sobre el que se va a analizar cómo puede variar su apariencia, su peso y su equilibrio, en función de cómo varía su iluminación.

La composición de una pared de la cafetería del Instituto Cartuja

Descripción:

Como modelo para el estudio de la intensidad y de la direccionalidad de la luz hemos elegido el diseño del paramento interior de la cafetería del Instituto Cartuja tratado anteriormente. Dado que vamos a utilizar toda la imagen como composición, el peso visual atendido será el peso integral. La perspectiva elegida es una perspectiva frontal con cinco simulaciones diferentes de iluminación. Dado que en este caso se trabaja con un modelo y no con el objeto real las condiciones lumínicas en este caso han sido simuladas por ordenador.

Las imágenes con las diferentes condiciones lumínicas (Figura 608) son las siguientes: 1. Una imagen con luz homogénea e intensidad optima, 2. Una imagen con la intensidad optima reducida un cuarto, 3. Una imagen con luz direccional desde la izquierda, 4. Una imagen con luz direccional desde la derecha y 5. Una imagen con una luz direccional desde arriba.



Figura 608

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cinco imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
1893 x 1002			946.5 , 501
1.Luz homogénea	0.7643	0.3037	926.7 , 483.8

2.Luz intensidad 1/4	0.5873	0.2380	926.3 , 483.8
3.Luz izquierda	0.5748	0.2320	682.5 , 477.8
4.Luz derecha	0.5936	0.2656	1104.6 , 493.5
5.Luz arriba	0.5781	0.2373	906.1 , 371.6

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 609):



Figura 609

En la primera imagen con luz homogénea e intensidad óptima, observamos una luminosidad alta $L_1= 0.76$, un peso relativo que supera la media de contraste y equilibrio de $P_m= 0.25$, siendo $P_1=0.30$ y un centro de gravedad que queda un poco descentrado en el cuadrante superior izquierda. En concreto con un desfase en el eje x de un 4,18% y un desfase en el eje y del 6,95%, siendo el desfase total de 4,92% no superando el 5%. Por lo tanto, nos muestra una imagen bastante centrada, sobretodo en el eje x.

En la segunda imagen con luz homogénea con $\frac{1}{4}$ de intensidad menos, observamos una luminosidad de $L_2= 0.58$, es decir $\frac{1}{4}$ menos que en el anterior como es lógico. El peso relativo se acerca a la media, siendo $P_2=0.23$, lo que nos dice que una pérdida de luz implica una pérdida de contraste y equilibrio en la imagen. El centro de gravedad queda en el cuadrante superior izquierda con un desfase en el eje x de 4,18%, un desfase en el eje y de 6,95% y un desfase total de 4,92%. Por lo tanto, en esta imagen observamos una variación de peso proporcional a la reducción de luminosidad realizada, mientras que el centro de gravedad se mantiene estable.

En la tercera imagen con luz desde la izquierda observamos una luminosidad general de $L_3=0.57$, un peso, $P_3=0.23$ y un centro de gravedad situado en el cuadrante superior izquierda con un desfase respecto del eje x del 55,78%, un desfase respecto del eje y del 9,26% y un desfase total del 49,49%. Es decir con un desplazamiento de más del 50% en el eje x. Por lo tanto, en este ejemplo podemos ver la gran medida en que cambia el equilibrio de la imagen al cambiar la direccionalidad de la luz.

En la cuarta imagen con la luz desde derecha, observamos una luminosidad $L_4=0.59$, un peso, $P_4=0.26$ y un centro de gravedad en el cuadrante superior derecha con un desfase en el eje x del 33,41%, un desfase en el eje y del 2,99% y un desfase total del 29,56%, es decir con un desplazamiento de más del 30% en el eje x.

En la última y quinta imagen con la luz desde arriba, podemos ver una luminosidad de $L_5=0.58$, un peso $P_5=0.24$ y un centro de gravedad en el cuadrante superior izquierda con un desfase en el eje x de 8,54%, un desfase en el eje y de 51,66% y un desfase total de 25,32%. En definitiva, un desplazamiento de más del 50% en el eje y.

Conclusiones:

La iluminación puede cambiar enormemente tanto el peso como el centro de gravedad de una composición, lo que nos permite actuar sobre ella en función de nuestros objetivos expresivos. De esta forma, en escenas interiores, se puede estudiar la actuación de las luces artificiales con el fin de alcanzar las intenciones deseadas. La variación de la luz interior puede tener el margen que decida el diseñador, ya que puede ir desde una luz puntual, al uso de varias luces, varios tipos de luz, con varias intensidades e incluso con variación del color de estas.

Por otro lado, si comparamos los resultados con el método manual (6.2.14) observamos que los resultados coinciden para una iluminación homogénea. Sin embargo, al método manual no incluye las variaciones del color en la superficie por factores lumínicos, lo que lo hace más inexacto.

El cambio de la luz diurna a la luz nocturna

Como escenarios donde estudiar cómo la acción de los ciclos del sol y la aparición de luces artificiales hemos elegido dos modelos; por un lado una panorámica general de la Alhambra y por otro una escena general de actuación sobre una muralla del Albaicín.

La Alhambra al anochecer

Descripción:

La conocida ciudad palatina andalusí de Granada, la Alhambra, está formada por un conjunto de palacios, jardines y fortaleza (alcázar o al-qasr قصر القصر) que albergaba una verdadera ciudadela dentro de la propia ciudad de Granada, que servía como alojamiento al monarca y a la corte del Reino nazarí de Granada. Su verdadero atractivo, como en otras obras musulmanas de la época, no sólo radica en los interiores, cuya decoración está entre las cumbres del arte andalusí, sino también en su localización y adaptación, generando un paisaje nuevo pero totalmente integrado con la naturaleza preexistente.

Para nuestro estudio hemos elegido una perspectiva global exterior tomada desde el mirador de San Nicolás en el barrio del Albaicín que se alza frente a este monumento arquitectónico y cultural (Figura 610).



Figura 610

La toma utilizada de donde se obtienen las imágenes es una perspectiva general frontal lejana realizada mediante la técnica de time-lapse con un margen temporal que va desde la tarde con luz diurna hasta el anochecer con luz artificial. De este time-lapse se han escogido cinco fotografías con una proporción de marco visual de 2/1 que describen adecuadamente el cambio de apariencia en la imagen en este tiempo.

Peso visual atendido para este análisis será el peso visual integral, ya que nos interesa ver cómo cambia toda la escena con la sola variación de la luz.

Resultados:

Los resultados al estudiar su variabilidad según el peso visual son los siguientes:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
--------	-------------	---------------	-----------------

1920 x 960			960 , 480
1.Alhambra A	0.4587	0.3502	988.5 , 492.8
2.Alhambra B	0.3608	0.3113	986.1 , 482.2
3.Alhambra C	0.1610	0.1747	978.5 , 454.2
4.Alhambra D	0.1929	0.1519	1033 , 460.8
5.Alhambra E	0.1398	0.0873	1024.1 , 558

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 611):



Figura 611

En la primera imagen observamos que la luminosidad se encuentra cerca del equilibrio con un 4% solo de desfase sobre el punto medio. En cuanto al peso relativo observamos que las masas tienen un contraste alto con un 20% por encima del punto medio. El centro de gravedad también se encuentra cerca del equilibrio con un desfase sobre el centro de la imagen de un 11,8%.

En la segunda imagen observamos un descenso en la luminosidad y el peso relativo, es decir la imagen se va oscureciendo a la vez que equilibrándose en contraste. El centro de gravedad se equilibra en el eje y, teniendo un desfase hacia la izquierda en el eje x del 5,42%.

En la tercera imagen el descenso lumínico es progresivo según se va el sol como es de esperar, aquí pierde un 20% de luminosidad respecto la primera imagen. Al bajar tanto la luminosidad, también baja el peso relativo, en este caso se sitúa ya por debajo de la media un 16% y con un desfase del 36% sobre la primera imagen. El centro de gravedad se eleva hacia la luminosidad del cielo y se centra un poco en el eje x, manteniendo el desfase sobre el centro geométrico con el 6%.

En la cuarta imagen observamos que hay un aumento del 3% en la luminosidad, esto se debe al encendido de la iluminación artificial nocturna, sin embargo el peso relativo sigue disminuyendo al igual que el contraste en la imagen debido a que tanto la luz natural que queda como la nueva artificial actúan con poca potencia sobre la escena. El centro de gravedad sufre un desequilibrio mayor en el eje x ya que las masas de este lado tiran con más fuerza sobre la baja luminosidad de la imagen. En este caso el desequilibrio hacia la derecha en el eje x sobre el centro geométrico es del 15,21%.

En la quinta y última imagen, observamos un nuevo descenso de luminosidad (5%) debido a que la luz que se pierde debido al ocultamiento del sol es mayor que la luz que aporta la nueva iluminación. No obstante, una vez que el sol desaparece por completo y todas las luces nocturnas han aparecido, la luminosidad de la escena se mantiene estable. Como la luminosidad decrece de la misma forma, también decrece el peso relativo y el centro de gravedad se desplaza

bruscamente en dirección a la iluminación artificial, hacia abajo, ganando en peso respecto la oscuridad del cielo nocturno y manteniendo su desequilibrio en el eje x a la derecha de la imagen. En concreto el desfase sobre el centro geométrico es de un 18,8%.

En la variación total entre la 1ª y la última imagen observamos un descenso de la luminosidad del 32% de equilibrio en dirección desequilibrio y un descenso del 54% en el peso relativo pasado de desequilibrio por mucho contraste a equilibrio y volviendo a un gran desequilibrio por falta de contraste. En cuanto al centro de gravedad observamos una variación sobre la parte derecha con subida y bajada del centro debida a los cambios de iluminación experimentando un variación entre las imágenes 3 y 5 del 4,7% en el eje x y un 21,7% en el eje y.

Conclusión:

En primer lugar y tal como nos muestra la evidencia visual, la apariencia de una imagen del día a la noche cambia enormemente y este cambio queda reflejado en los datos obtenidos.

En este caso, hemos observado cómo en la imagen se pierde un tercio de la luminosidad, mientras que el peso relativo cambia de un polo a otro, pasando de gran contraste a casi nada.

Entorno al equilibrio de la imagen observamos como el centro de gravedad sigue la luz dominante, es decir cuando es debido al sol se mantiene elevado pero cuando es debido a las luces artificiales ancladas a la superficie terrestre se dirige hacia ellas bajando su posición notablemente sobre el mismo marco.

Ante la posible actuación sobre la escena arquitectónica solo tenemos opción sobre la iluminación artificial. Si nuestro objetivo es tener una escena con poca variación en su equilibrio compositivo debemos elevar las luces artificiales nocturnas. Si queremos variarla podemos situarlas en posiciones opuestas al sol. Por lo tanto, la posición, la altura y la intensidad de la luz artificial, puede cambiar totalmente la apariencia de una escena, respecto de su misma imagen con luz diurna del sol.

Por otro lado, si lo que queremos es obtener solamente un encuadre fotográfico o cinematográfico equilibrado, tendremos que conocer estas variabilidades con el fin de obtener correctamente el resultado perseguido.

Anochecer en la reciente actuación en la muralla del Alto Albaicín

Descripción:

La actuación arquitectónica ha sido realizada en el Alto Albaicín de Granada recientemente. El arquitecto que la proyectó fue Antonio Jiménez Torrecillas y se construyó en el año 2006.

Las intenciones de este proyecto se enmarcan en el concepto de “sólido capaz”, ya que ha sido el principio rector de esta intervención. Recogido en las teorías sobre restauración e intervención de monumentos, este principio fue utilizado magistralmente por Leopoldo Torres Balbás en la Alhambra de Granada, en concreto en el pórtico norte de los jardines del Partal, allá por los años veinte, y viene a resumir que cuando en un Bien de Interés Cultural falta una parte, ésta se rehace de modo que quede confinada a una intervención volumétrica o geométrica que recupere la imagen de continuidad originaria, pero desprovista de cualquier elemento que entre dentro de la categoría del falso histórico. (*Fuente: plataforma arquitectura*)

Dada la gran expresividad superficial que tiene esta obra, hemos elegido una perspectiva externa donde se muestra cómo cambia su apariencia y la de toda la escena donde se enmarca con el único cambio de la iluminación natural, es decir desde el día claro hasta la noche oscura mediante una toma en time-lapse (Figura 612).



Figura 612

Utilizaremos el peso visual integral con el fin de analizar cómo cambia la escena en su conjunto según se va el sol. De la secuencia se han extraído cinco fotogramas representativos de dicho cambio lumínico.

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cinco imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 1360 x 765	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD 680 , 382.5
1.Muralla A	0.4200	0.1596	718.0 , 354.0
2.Muralla B	0.7246	0.1773	644.5 , 431.8
3.Muralla C	0.5689	0.1747	652.7 , 420.3
4.Muralla D	0.4652	0.2172	645.6 , 411.8
5.Muralla E	0.2875	0.1665	664.8 , 411.8

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 613):



Figura 613

De los datos obtenidos, observamos cambios de luminosidad son enormes como era de prever. Desde la imagen más iluminada (imagen 2) con $L_2=0.72$ hasta la imagen menos iluminada, siendo prácticamente de noche (imagen 5) con $L_5=0.29$, existe una diferencia de luminosidad del 44%.

En torno al peso relativo, observamos que ninguna imagen llega al peso medio siendo el mayor contraste con la luz baja del sol (imagen 4) con un peso de $P_4=0.22$ y con una variación respecto de la imagen 1 del 11.53%.

Si nos fijamos en los centros de gravedad vemos como este se va desplazando según el sol se va poniendo en concreto detectamos una variación entre la imagen 1 y la imagen 4 del 11.85%.

Conclusiones:

De la misma forma que en el estudio anterior, aquí los datos nos muestran la gran variabilidad que existe en una misma escena según se va poniendo el sol.

En este caso, no aparecen luces artificiales al anochecer por lo que una última imagen de la escena podría mostrarnos una oscuridad total, con una luminosidad nula y por lo tanto con una diferencia desde la primera imagen superior al 72%.

En cuanto, al peso relativo observamos que en función de la disposición de los elementos arquitectónicos y de las texturas tridimensionales (con relieve) de sus superficies, la luz horizontal del sol al ponerse puede provocar grandes contrastes de imagen y aumentar de esta forma su peso creando en estos momentos los mayores índices de variabilidad del objeto según esta orientación.

En cuanto, al equilibrio de la imagen observamos que aparece poca variabilidad, entendemos que esta situación se debe a que no aparecen luces artificiales ni grandes sombras que lo modifiquen. Dado que las sombras modifican en gran medida el equilibrio de la imagen pasamos a estudiarlas a continuación.

Luces y sombras en la escena arquitectónica

El movimiento del sol provoca grandes cambios de iluminación y de apariencia sobre los objetos y escenas que este ilumina. Siguiendo el procedimiento de análisis planteado por el profesor de Arquitectura de la Universidad de Granada Gomez-Blanco³⁵⁴, nosotros vamos a estudiar cómo estos cambios en la escena se ven reflejados a través del peso visual. Sobre todo con la aparición de sombras, la variación y el cambio de la configuración de los objetos puede llegar a ser total. El movimiento del sol va unido a cambios de intensidad y de color, por lo que vamos a estudiar la variación debida cambios en varios factores de iluminación a la vez.

Hemos elegido cuatro imágenes diferentes para realizar este estudio. La primera es una imagen que muestra la fachada de la Catedral de Granada mostrando las sombras propias que arroja sobre sus paramentos. Sobre la segunda imagen se estudiará la figura de un edificio aislado completo y de las sombras que este arroja sobre sí mismo, en concreto la imagen exterior del pabellón nuevo de la Escuela de Bellas Artes de Granada. El tercer ejemplo muestra un espacio arquitectónico que se ve afectado por las sombras que arrojan los edificios que lo conforman, en este caso hemos escogido una imagen diferente del pabellón anterior, en concreto el espacio acceso a este edificio y el cuarto ejemplo estudia la escena de un elemento arquitectónico que se ve afectado por sombras arrojadas, para este estudio hemos elegido un pilar en la Alhambra de Granada.

El movimiento de la luz que ilumina una escena crea dos tipos de sombras; sombras propias y sombras arrojadas. En las sombras propias el mismo objeto tapa parte de él, oscureciendo el color de la zona en sombra. En las sombras arrojadas es otro objeto del entorno el que tapa y oscurece, y puede darse el caso de que este no aparezca en la imagen o escena.

Las sombras oscurecen la escena, sin embargo, cuanto más oscura es una sombra, de forma inversa la zona iluminada adquiere mayor intensidad. Por lo tanto la variación de peso dependerá de la composición de la escena y de la imagen elegida.

³⁵⁴ GÓMEZ-BLANCO PONTES, Antonio. 2002. *Un Análisis sistémico de la imagen fotográfica de arquitectura*. (Granada. Universidad de Granada) Tesis Doctoral.

Las sombras propias en la fachada de la Catedral de Granada

Descripción:

La catedral de Granada es un templo que se enmarca como una de las obras cumbres del Renacimiento español. Su nombre completo es La Santa Iglesia Catedral Metropolitana de la Encarnación de Granada y se establece como la sede de la archidiócesis católica de la ciudad de Granada. Este monumento arquitectónico y cultural es coetáneo al palacio cristiano de la Alhambra, la Universidad y la chancillería. El primer proyecto fue encomendado en 1506 a Enrique Egas que concibió un templo de estilo gótico, tomando como modelo la Catedral de Toledo. Las obras comenzaron, bajo la dirección del propio Egas, con la colocación solemne de la primera piedra el 25 de marzo de 1523. Sin embargo, fue Diego de Siloé quien, en 1529, se encargó de las obras, que se concluirán en 1563, presentando un nuevo proyecto mucho más ambicioso. El autor trazó las líneas renacentistas de todo el edificio sobre los cimientos góticos, con girola y cinco naves en lugar de las tres habituales, combinando en su estructura elementos de otros órdenes arquitectónicos. Dado que vamos a trabajar sobre la fachada principal de la catedral también añadiremos a la descripción que está fue reformada en 1664 por Alonso Cano introduciendo nuevos elementos barrocos.



Figura 614

Sobre esta fachada hemos elegido un punto de vista peatonal desde la Plaza de las Pasiegas que se eleva hasta completar su elevación vertical con el fin de estudiar como las sombras que proyectan sus mismos elementos cambian la apariencia en tres momentos diferentes de una misma tarde (Figura 614).

Dado que vamos a analizar la escena en su globalidad el peso visual utilizado será el peso visual integral.

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las tres imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
1358 x 763			679 , 381.5
1.Catedral A	0.6658	0.2308	630.0, 346.0

2.Catedral B	0.5727	0.2435	635.2, 340.7
3.Catedral C	0.7323	0.2297	632.3, 368.6

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones (Figura 615):



Figura 615

En primer lugar observamos que las luminosidades son superiores a la media es decir, superiores a $L_m=0.5$. La variación entre la imagen 2 y la imagen 3 es del 15,96%.

En cuanto al peso relativo, vemos que los pesos se encuentran en valores relativamente medios con una variación entre la imagen 2 y la imagen 3 del 2,76%.

Por otro lado, en torno a los centros de gravedad vemos que la variación entre la imagen 2 y la imagen 3 es del 3,62%.

Conclusiones:

Las mismas sombras de un mismo edificio pueden hacer cambiar su apariencia y por lo tanto sus valores relacionados con el peso visual. Cuanta más variación de sombras muestre un edificio en su imagen, más variabilidad de apariencia mostrará.

El peso de un edificio puede cambiar en gran medida debido al contraste que pueden provocar sus sombras y de la misma forma el centro de gravedad puede llegar desplazarse bastante debido al efecto de los movimientos de estas sobre sus superficies.

Las sombras sobre el pabellón exterior de la Escuela de Bellas Artes

Descripción:

El pabellón nuevo de la Facultad de Bellas Artes, se encuentra situado en el mismo recinto que el edificio histórico en la Avenida de Andalucía de Granada, y está destinado a la dotación de aulas, espacios y recursos para la enseñanza de estudios audiovisuales.

Desde una perspectiva exterior global vamos analizar también el efecto de las sombras sobre la apariencia del objeto arquitectónico. En concreto se ha elegido una perspectiva general donde el edificio se muestra claramente como figura ante su fondo homogéneo. Dado que la imagen del edificio seleccionado tiene unas cualidades de apariencia estables, es decir sin movimiento de partes y con la mayoría de los materiales opacos, sin brillo, ni specularidad, entonces

establecemos que la variación se deberá exclusivamente a la variación de las sombras y de la intensidad de la luz solar, ya que no incluye imágenes de la salida, ni de la puesta de sol.

Dado que nos interesa la variación del edificio en la escena, entendemos la imagen como parcial donde el edificio es la figura y el resto es el fondo (Figura 616). Por otro lado, puesto que el fondo es bastante regular se aplicará el método simplificado en su cálculo.



Figura 616

Por lo tanto, para su estudio vamos a analizar cuatro imágenes en blanco y negro de situaciones lumínicas diferentes en un mismo día y con un mismo fondo.

Resultados:

Al aplicar el peso visual parcial con el método simplificado a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 2660 x 2112	LUMINOSIDAD (FONDO)	PESO RELATIVO PARCIAL	CENTRO DE GRAVEDAD 1330 , 1056
1. Pabellón A	0.6784	0.2915	1185.7, 1132.1
2. Pabellón B	0.6784	0.2476	1218.9, 1071.5
3. Pabellón C	0.6784	0.2648	1275.3, 1100.8
4. Pabellón D	0.6784	0.3070	1347.1, 1177.1

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

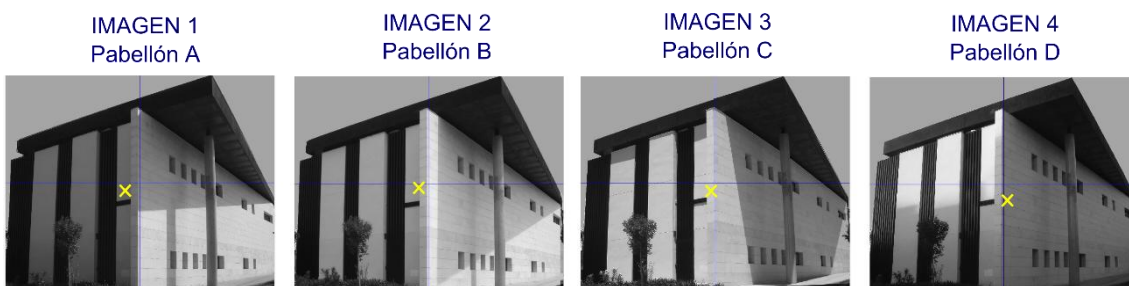


Figura 617

Dado que el cielo es el mismo en las diferentes imágenes, la luminosidad de fondo coincide. En cuanto al peso relativo observamos que todas las imágenes tienen un peso relativo medio oscilando desde 0,24 a 0,29. Es decir la variación es del 5%. En cuanto al centro de gravedad visual observamos que sufre también variaciones que oscilan entre las imágenes

1 y 2 que llega a ser del 5,68% sobre la imagen total que es igual al de la figura, ya que abarca los límites de la imagen. Por lo tanto, obtenemos que el movimiento del sol y por lo tanto su luz crea sobre este edificio una variabilidad de peso y equilibrio que supera el 5% (Figura 617).

Conclusiones:

En general, cuantos más salientes y/o perforaciones tenga un edificio, las sombras van a ser más acusadas y su variación afectará más al equilibrio. Por lo tanto, la variabilidad de la apariencia de un objeto arquitectónico será mayor cuanto más acusados sean estos en función de su orientación a los ciclos del sol. De la misma forma, un edificio que no muestre grandes cambios volumétricos, mostrará menos variación de sombras y se mostrará más estable.

Las sombras en el acceso al pabellón exterior de la Escuela de Bellas Artes

Descripción:

En esta perspectiva vamos a analizar cómo afectan las sombras propias y las arrojadas actuando simultáneamente a la escena que forma el acceso al pabellón. Dado que en esta escena es toda la imagen la que nos interesa, vamos a analizarla como imagen integral. En este caso vamos a analizar cuatro imágenes de una perspectiva frontal al espacio que crea el acceso a este pabellón con diferentes condiciones lumínicas tomadas a lo largo de un mismo día (Figura 618).



Figura 618

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
2058 x 2762			1029 , 1381
1.Acceso A	0.7179	0.1646	1162.6, 1443.8
2.Acceso B	0.5519	0.1209	1004.2, 1461.3
3.Acceso C	0.5269	0.1027	1156.7, 1145.9
4.Acceso D	0.5706	0.2170	1062.7, 1209.3

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

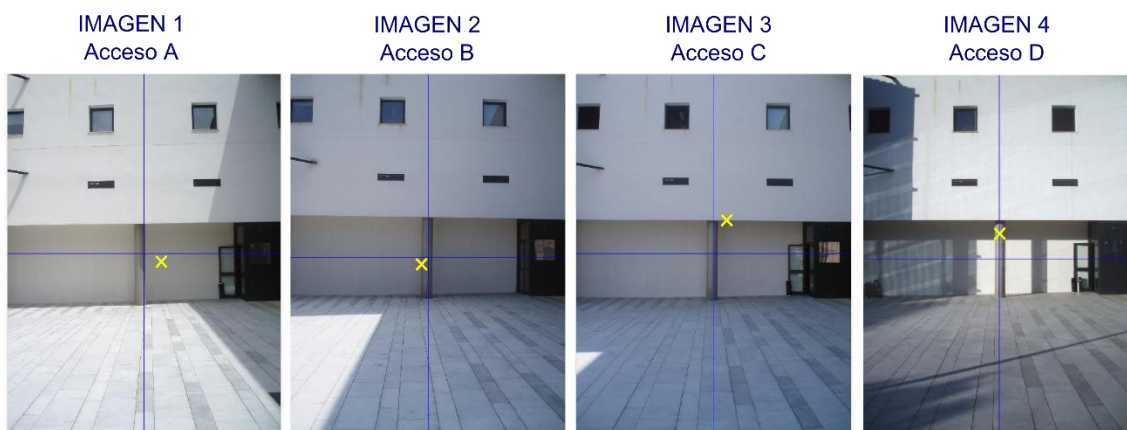


Figura 619

Dado que la imagen es integral la luminosidad de toda la imagen varía. En nuestro caso de la imagen 1 a la imagen 3 cambia en un 20%, aunque podemos decir que esta equilibrada, esto se debe a la posición elevada del sol y su efecto de radiosidad. En cuanto al peso relativo, vemos que varía de la imagen 3 a la 4 en un 24%. En torno al centro de gravedad observamos una variación entre el centro de gravedad (Figura 619) de la imagen 2 y de la 3 del 20%.

En este caso los valores de variabilidad han subido debido a que estamos tratando la imagen de forma integral, es decir la escena de forma global. La variación y desequilibrio está en torno al 20% por lo que podemos observar que la variación es grande en dicha escena para las condiciones elegidas.

Conclusiones:

Al igual que en el caso anterior pero ahora sobre toda la escena en conjunto observamos que cuanto más variación de sombras recaiga sobre la escena su variabilidad será mayor. Por lo tanto, dependiendo de los elementos arquitectónicos que conforman el espacio y su orientación al sol podemos encontrarnos con escenas muy variables o todo lo contrario, lugares donde prácticamente no aparecen sombras y donde su variabilidad debida al soleamiento es mínima.

Las sombras arrojadas sobre la fuente de Carlos V de Granada

Descripción:

El Pilar de Carlos V es una fuente localizada en el conjunto de la Alhambra de Granada, junto a un cubo de la muralla construida en 1545 para defender la Puerta de la Justicia. Debe su nombre a haberse construido durante el reinado de Carlos I de España. Fue diseñado por Pedro Machuca y realizado por Niccolo da Corte en 1545 por encargo probablemente de Íñigo López de Mendoza, conde de Tendilla y por entonces alcalde de la Alhambra. Muestra una cartela con la siguiente inscripción; "IMPERATORI CAESARI KAROLO V HISPANIARUM REGI"

En este caso vamos a estudiar la variabilidad debida a la acción de las sombras arrojadas. El pilar de Carlos V y el espacio que configura se ve afectado en gran medida por las sombras del entorno que le rodea (Figura 620).



Figura 620

Para analizar esta escena hemos elegido cuatro fotogramas de un time-lipse que retratan el movimiento del sol y por lo tanto de las sombras arrojadas de forma progresiva sobre dicho entorno. Dado que nos interesa la escena completa utilizaremos el peso visual integral para analizar la variabilidad que provocan dichas formas.

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
1920 x 1080			960 , 540
1.Fuente A	0.3230	0.2910	963.6, 499.6
2.Fuente B	0.3281	0.2908	955.5, 500.3
3.Fuente C	0.2355	0.2812	1013.2, 507.8
4.Fuente D	0.1144	0.1723	1045.8, 442.4

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

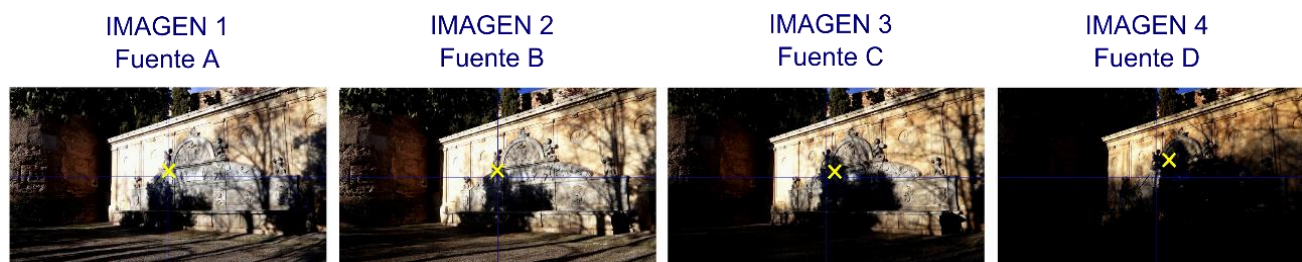


Figura 621

Al comienzo podemos ver como la luminosidad se encuentra cercana a un tercio, esto es debido a que la escena se encuentra rodeada de árboles que tapan la llegada de la luz del sol. Por otro lado, el peso relativo es también cercano a este valor, pero dado que su valor máximo es 0,5, lo encontramos un poco por encima del punto medio lo que nos indica que el equilibrio de masas y contrastes está un poco elevado, debido al gran contraste entre lo iluminado y la sombra. El centro de gravedad se encuentra equilibrado en el eje x y un poco elevado en el eje y, ya que la parte de arriba de la imagen aporta un poco más de luz.

Entre las dos primeras imágenes se produce una variación de sombras y de zonas iluminadas, pero como podemos observar no hay prácticamente variación en la luminosidad de la escena ni en el peso relativo, sin embargo si se aprecia un movimiento en el centro de gravedad en el eje x debido al movimiento de sombras.

En la tercera imagen notamos un salto en el dinamismo de variación. Aquí dado que el sol está descendiendo provoca más sombras sobre el entorno y se ve reflejado en un descenso de la luminosidad hasta 0,24, es decir un 9%, sin embargo el peso relativo sigue elevado con un descenso del 2% y manteniéndose sobre el punto medio. El centro de gravedad (Figura 621) mantiene su desplazamiento en el eje x hacia la derecha y se empieza a apreciar un movimiento en el eje y hacia arriba.

Por último, en la cuarta imagen observamos como el descenso de iluminación es notable un 22% sobre la segunda imagen. El peso relativo también desciende en este caso un 24% sobre la imagen 2, debido a que la imagen ha perdido gran parte de las zonas claras que contrastaban.

En cuanto al peso visual observamos que sigue su progresión de desequilibrio hacia el cuadrante de arriba a la derecha. Podemos determinar que el centro de gravedad ha sufrido un desplazamiento entre la segunda y la última imagen de aproximadamente el 10%.

Por lo tanto, sacamos como conclusión que el efecto de las sombras arrojadas sobre una escena puede llegar a ser muy importante, en nuestro ejemplo observamos una variación de luminosidad del 22%, un 24% del peso relativo y un 10% en el desequilibrio del centro de gravedad.

Conclusiones:

Una escena que está rodeada de objetos elevados que proyecten sombras sobre ella será dinámica o ofrecerá una variación de apariencia grande aunque los elementos que producen este cambio no aparezcan en la imagen.

7.2.3.8. El brillo y la reflexión especular en las superficies arquitectónicas

A parte de la acción de las sombras, cuando la fuente emisora de luz se mueve puede conllevar cambios de apariencia debidos al brillo y a la reflexión especular de la escena que tiene ante sí. En un primer lugar vamos a estudiar el efecto del brillo sobre superficies arquitectónicas.

Para este estudio hemos escogido como modelo de edificación reflectante, el conjunto de edificios de la Diputación de Granada, donde podemos contrastar cómo al variar la luz sobre sus paramentos metálicos el brillo va cambiando su apariencia.

En segundo lugar, para el estudio de la reflexión especular analizaremos el cambio de apariencia sobre las superficies del edificio de la Rural de Granada, donde podremos observar el grado de variación en función de la variación que sucede en la escena exterior.

El brillo sobre los paramentos de los edificios de la Diputación de Granada

Descripción:

Este conjunto de edificios está formado por la Sede de la Diputación de Granada proyectada por Andrés Perea y Antonio Fernández Picazas, y el Centro de Empresas CIE Diputación situados en la salida de Granada, más concretamente en la Avda. Andalucía s/n.

La sede de la Diputación de Granada se presentó en 2006 como un gran volumen con superficies verticales curvas conformadas con láminas horizontales alternadas de vidrio y hormigón. Este volumen incorpora varios patios interiores

que permiten cumplir adecuadamente su función de dar cobijo a más de 600 trabajadores en sus más de 25.000 m² de superficie construida. Sus diferentes niveles superpuestos y sin esquinas dan dinamismo al conjunto, y la apariencia variable de sus láminas reflectantes dialoga perfectamente con la enorme cantidad de movimiento y circulación vial que se genera en el lugar donde se inserta.

Por otro lado, el edificio anexo de Centro de Empresas CIE Diputación se construyó con anterioridad a la sede y es un espacio físico cuyo objeto es facilitar el establecimiento, arranque y consolidación de nuevas empresas para su posterior inserción en el mercado, con la consiguiente intención de creación de empleo y riqueza del tejido productivo de la provincia. Por lo tanto, soporta unas funciones diferentes, lo que ya nos dice que sus dimensiones formales también serán diferentes a la sede. Expresivamente, aunque comparte el desarrollo de paramentos verticales con cierta curvatura en su desarrollo, la realización material de sus superficies y su apariencia es diferente, en este caso los niveles horizontales están conformados por láminas alternadas de metal plateado y de vidrio con proporciones y cualidades expresivas diferentes.

Aunque estas dos edificaciones se muestran visualmente distintas y separadas, el brillo común se configura como la cualidad que las relaciona y las agrupa por el principio perceptual de semejanza (Figura 622). Por lo tanto, esto es lo que vamos a analizar, ya que ambos reflejan notablemente la luz del sol según esta se mueve incidiendo en sus paramentos curvos.



Figura 622

El punto de vista seleccionado es una perspectiva general tomada desde una posición peatonal en la acera opuesta de la vía anexa al conjunto. Las cuatro imágenes seleccionadas se han extraído de forma secuenciada de un time-lapse que muestra la interacción con la luz del sol en una tarde de primavera.

En este estudio nos interesa, analizar las figuras de forma independiente por lo tanto utilizaremos el peso parcial. Por otro lado, dado que existen grandes diferencias entre el cielo y el suelo de las imágenes seleccionadas entonces trabajaremos con el método dual.

Resultados:

Al calcular el peso visual parcial aplicando el método dual a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 464 x 494	FONDO 1 464 x 371	FONDO 2 464 x 123	PESO RELATIVO PARCIAL DUAL	CENTRO GRAVEDAD 232 , 247
1.Brillo A	0.5529	0.3412	0.038	259, 341
2.Brillo B	0.6000	0.3412	0.034	254, 346
3.Brillo C	0.6824	0.2000	0.028	240, 345
4.Brillo C	0.7098	0.2314	0.085	248, 372

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

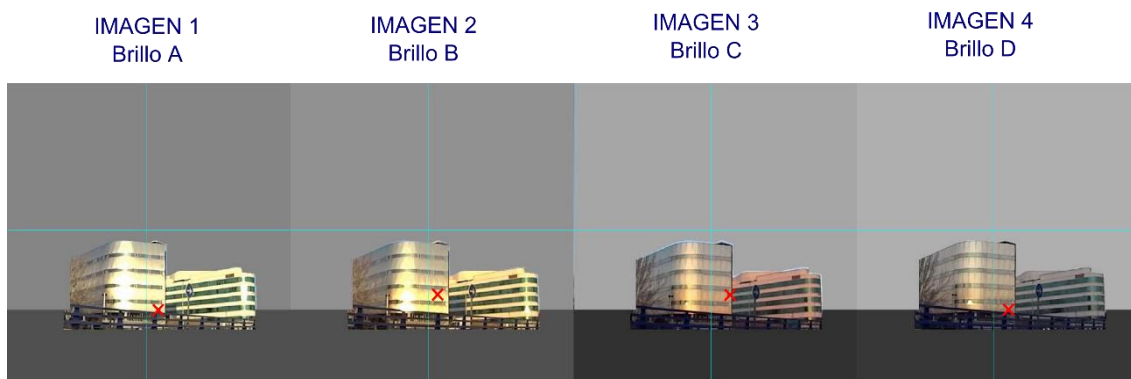


Figura 623

Al analizar las diferentes luminosidades de los fondos notamos que existe una gran variación entre ellos. Por ejemplo, si nos fijamos en la variación de cielos (fondo1) vemos que el cielo más oscuro es el de la imagen 1 y el más claro el de la imagen 4, y que entre ambos existe una diferencia del 15,69%. Si nos fijamos en los suelos (fondo 2) existe una variación parecida, en concreto entre el suelo de la imagen 2 y el de la imagen 4 existe un 14,12% de diferencia. Por otro lado, observamos que el contraste mayor entre cielo y suelo aparece en la imagen 3 con un 48,24% y el menor en la imagen 1 con un 21,17%. Es decir, los fondos son muy variables, y a su vez contrastantes debido a que en la secuencia el sol se encuentra bajo, creando de esta forma contrastes acusados.

Al fijarnos en los pesos relativos de las figuras arquitectónicas observamos que el mayor peso lo tiene la figura de la imagen 4 y el menor el de la imagen 3, con una variación entre ellos del 5,7%. La imagen 1 tiene el mayor peso debido al brillo al contrastar con sus fondos. En la imagen 3, aunque el brillo es notable, su contraste con sus fondos no lo es tanto, por lo que hace que pierda peso respecto a las otras imágenes.

Si ahora nos fijamos en los centros de gravedad (Figura 623) vemos por un lado, que existe una variación entre la imagen 1 y la imagen 4; del 4,85%, y por otro que existe una variación entre 1 y 4 del 9,49% sobre las figuras arquitectónicas. Es decir un cambio en el equilibrio notable.

Conclusiones:

Cuando la luz desciende hacia una posición horizontal los cambios de luminosidad entre cielos y suelos se hace más notable. En nuestro caso, detectamos variaciones en torno al 15% de variabilidad lumínica entre cielos y suelos. Estos cambios de fondo afectan directamente a la figura haciéndola mucho más variable.

Por otro lado, la figura también se ve transformada debido al brillo. En concreto, el brillo aumenta en gran medida luminosidad de la figura arquitectónica. El contraste del brillo puede actuar de forma dual en una misma figura. Cuando el fondo es oscuro el brillo otorga peso a la figura, pero según el fondo se va volviendo más claro el brillo contrasta menos y hace que el peso de la figura se reduzca. En nuestro ejemplo, el cambio debido al brillo con la variación de fondos llega casi al 6%, es decir un cambio de peso notable para ser debido exclusivamente al brillo.

Por otro lado, al moverse el brillo por las superficies del edificio hace que partes luminosas vayan cambiando de lugar, y de esta forma la acción de sus pesos va cambiando el equilibrio de la figura arquitectónica sobre su imagen. En nuestro caso se ha llegado a una variación cercana al 10% pero en otros casos, con otras configuraciones podría llegar a ser mayor.

Por lo tanto, según los índices y datos obtenidos corroboramos que las superficies brillantes ofrecen un carácter muy variable y dinámico a la apariencia de los edificios.

La reflexión especular en el edificio de la Rural de Granada

Descripción:

Para el caso de la reflexión especular, hemos elegido el muro cortina del edificio de la Rural de Granada. El nombre concreto de la obra arquitectónica es Edificio de los Servicios Centrales de Caja Rural de Granada, fue proyectado por Yolanda Brasa Seco y Eduardo Jiménez Artacho en 1989.

Este edificio se sitúa en una rotonda a la salida de Granada dirección Armilla y como su nombre indica su función es de servir de núcleo y oficinas centrales para dicho banco. Por otro lado, el objetivo compositivo de este proyecto era definir una plataforma elevada respecto a vía pública que acogiera y presentará dos piezas muy distintas que desdoblaban el programa, de un lado el edificio de oficinas y gestión y de otro un salón de actos y sala de exposiciones; ambos compartiendo el espacio de ingreso y conectándose mediante un vestíbulo común. *(Fuente web Arquitectura Contemporánea de Andalucía).*

Nosotros en este trabajo nos centraremos en una imagen exterior donde sobresale el volumen vertical de oficinas con desarrollo curvo y conformado por un muro exterior de vidrio reflectante, ya que para este estudio nos interesa la variabilidad de la reflexión especular (Figura 624). Por lo tanto, sobre la perspectiva elegida hemos tomado tres imágenes en tiempos consecutivos obtenidas enfocando en detalle la superficie curva de vidrio con reflexión especular de dicho volumen.



Figura 624

Dado que en las tres imágenes elegidas solamente aparece la superficie reflectante (Figura 625), el peso visual atendido será el peso integral. Esto quiere decir que los datos obtenidos nos darán indicaciones exclusivamente de cómo cambia la superficie especular, y no el conjunto arquitectónico o la escena en la que este se enmarca.



Figura 625

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las tres imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
987 x 522			493.5 , 261
1.Especular A	0.6175	0.1251	435.6, 281.1
2.Especular B	0.5838	0.1392	448.0, 274.2
3.Especular C	0.6202	0.1435	460.1, 276.7

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:



Figura 626

En primer lugar observamos que existen unos niveles de luminosidad general entorno al 60% que reflejan la luminosidad de la escena exterior. Para la muestra elegida notamos que existe una variación de luminosidad entre la imagen 2 y la imagen 3 del 3.4%. Si tenemos en cuenta que la parte de la escena reflejada pertenece a suelo entonces lo que hace es reflejar en gran medida la variabilidad del suelo.

En torno a la variación del peso vemos que existe una variación en principio no muy grande, pero de la misma forma que en el caso anterior, observamos que lo que hace es reflejar la forma en la que cambia el peso de la escena exterior, si esta varía poco entonces la superficie reflectante también varía poco. En este caso, observamos una variación entre la imagen 1 y la imagen 3 del 3,48 %.

Por último, al analizar la variación de centros de gravedad (Figura 626), observamos que la variabilidad aumenta con el movimiento de las pequeñas masas que se corresponden con los movimientos de vehículos. En nuestro ejemplo, la variación entre la imagen 1 y la imagen 3 llega al 4,54%.

Conclusiones:

Una superficie especular muestra su entorno exterior y por lo tanto variará según varíe dicho entorno. Si el entorno es muy variable entonces la superficie se mostrará también igualmente variable, pero si por el contrario la escena es poco variable, es decir si solo muestra los cambios debidos al soleamiento y climatológicos, entonces solo variará siguiendo estos cambios. En función de la altura del edificio o de la superficie, mostrará en su parte elevada los cambios del cielo, mientras que en las partes más bajas se mostrarán los desplazamientos de los vehículos y elementos móviles. Por otro lado, en función de la verticalidad de la superficie o del punto de vista también se mostrará una parte del entorno u otra.

Por lo tanto, las superficies especulares varían de la misma forma que lo hace el entorno que se muestra ante él. Esto hace que cuando los escenarios sean homogéneos o relativamente simétricos el elemento especular se camufle con su entorno al no percibirse bien la diferencia entre el objeto y su fondo. Si el entorno no es homogéneo o simétrico al mostrarse la parte contrapuesta a la superficie, aparece un contraste con su fondo y la acción sensorial es la contraria, en vez de pasar desapercibido, el objeto se propone como una llamada de atención en la escena.

7.2.3.9. La translucidez y la transparencia en la arquitectura

En este caso con el movimiento de la luz también aparece una variabilidad de apariencia pero en este caso la variabilidad depende tanto de la transmisión y de la reflexión de la luz, ya que generalmente los objetos transparentes suelen también volverse reflectantes ante ciertas condiciones.

En el caso de objetos translucidos, crean semi-sombras que dependen del grado de translucidez y que además pueden tener la cualidad de color, afectando de esta forma también al cambio de apariencia. Por otro lado, los objetos totalmente transparentes no crean sombras. Como sabemos multitud de elementos arquitectónicos están conformados con materiales translucidos y transparentes, lo que les otorga una gran variabilidad con el movimiento de la iluminación. A parte de estas propiedades de los materiales que conforman las superficies arquitectónicas, la velocidad de variación de la apariencia depende de la velocidad con la que se mueva la iluminación.

En general, los objetos que están conformados con materiales con estas cualidades presentan mayor variabilidad visual y esto puede quedar perfectamente reflejado en el análisis del peso visual según la luz que ilumina la escena se va desplazando como veremos a continuación.

El muro cortina del pabellón exterior de la Escuela de Bellas Artes

Descripción:

Como ejemplo de variabilidad debida al movimiento de la iluminación sobre elementos transparentes/reflectantes hemos elegido el muro cortina del pabellón nuevo de la Escuela de Bellas Artes sobre el que ya hemos trabajado.

Dado que vamos a utilizar una imagen frontal que queda ocupada por el muro cortina en su totalidad, el peso visual a utilizar será el peso integral. Sobre esta imagen (Figura 627) hemos elegido tres instantes con condiciones lumínicas diurnas diferentes de tal forma que podremos observar cómo cambia la apariencia de la superficie de vidrio desde una imagen especular donde se refleja la escena que se encuentra ante esta superficie, hasta una transparente, donde se muestran los elementos que quedan tras la superficie.



Figura 627

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las tres imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 2752 x 1990	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD 1376 x 995
1.Reflejos A	0.4971	0.1309	1353.3, 1126.5
2.Reflejos B	0.3663	0.2224	1498.4, 1055.0
3.Reflejos C	0.3304	0.1585	1417.8, 1139.8

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

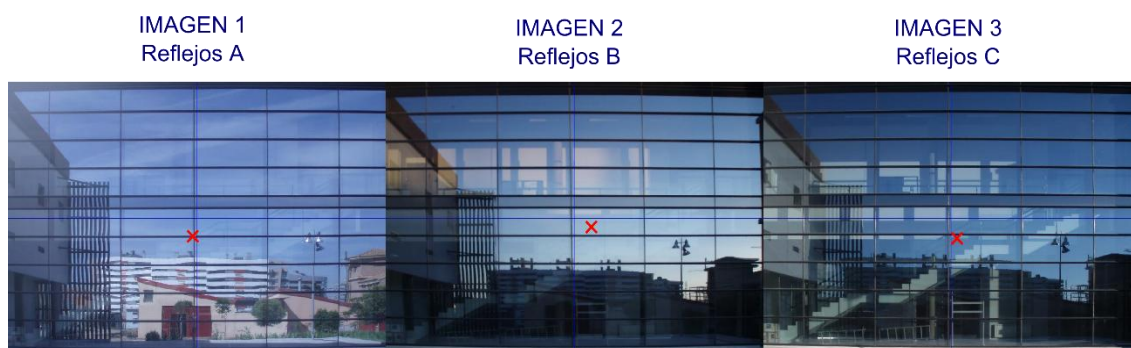


Figura 628

En primer lugar al observar las luminosidades vemos que existe una gran variación desde una luminosidad media con el reflejo de la escena externa hasta una luminosidad baja con la transparencia del interior. En concreto, la variación entre la imagen 1 y la imagen 3 es del 16,67%.

En cuanto al peso relativo, observamos que la imagen que ofrece más contraste es la imagen 2, dando que aquí se dejan ver los elementos que más contraste muestran ante la transmisión y la reflexión del muro cortina. Por ejemplo, la variación de peso entre la imagen 1 y la imagen 2 es del 18,3%, es decir una variación muy acusada.

Al fijarnos en los centros de gravedad vemos que el equilibrio depende por un lado, de la apariencia de la imagen reflejada y por otro de la apariencia del interior, por lo que según el equilibrio de estos elementos cambie, cambiará el equilibrio de la imagen. En nuestro caso, entre la imagen 1 y la imagen 2 obtenemos una variabilidad de cercana al 10%.

Conclusiones:

A parte de la acción de las sombras y los brillos, vemos que las superficies con variación entre reflexión especular y transparencia o translucidez son enormemente variables.

Como vimos, las superficies de reflexión especular muestran la imagen de la escena opuesta a dicha superficie, por lo tanto adoptan su variabilidad a la de la escena exterior. Las superficies transparentes muestran la imagen de lo que queda detrás de dichas superficies y su variabilidad estará condicionada a la variabilidad de este fondo. Por lo tanto, en ambos casos según se mueve la luz que ilumina la escena la imagen irá variando y esta variabilidad dependerá de las características de las escenas externas y/o internas a estas superficies. En el caso, de elementos con capacidad de reflejar

y transmitir a la vez, como son los vidrios y ciertos plásticos, la variabilidad se multiplica, ya que la apariencia pasa de mostrar el espacio exterior opuesto a mostrar el espacio interior y/o viceversa con un consiguiente cambio de apariencia que puede llegar a ser total y donde los únicos signos de estabilidad vienen dados por los marcos y carpinterías de dichas superficies.

Por último, debemos hacer notar que estos mismos efectos aparecen cuando en vez de moverse la iluminación lo que se mueve es el punto de vista del observador, ya que en estos casos los brillos, los reflejos y las transparencias se mueven al unísono con la mirada del observador. Evidentemente si se mueven la iluminación y el observador el cambio de apariencia puede llegar a ser aún mayor.

7.2.3.10. Cambio de perspectiva

En torno al cambio de perspectiva, este puede llegar a provocar un cambio de apariencia muy acusado de ciertos objetos arquitectónicos, mientras que en otros la apariencia general puede ser menos variable.

Dado que en función de la perspectiva elegida, el marco y las condiciones de la imagen un mismo objeto puede cambiar totalmente de apariencia. Para poder contrastar mediante el peso visual las variaciones de un edificio respecto de otro correctamente, vamos a estudiar por un lado, como varían sus pesos relativos en las diferentes imágenes teniendo en cuenta la cantidad de superficie de imagen que abarcan, y por otro lado, vamos a analizar la variabilidad que existe en las diferentes perspectivas respecto de su centro de gravedad visual como figuras respecto de los centros geométricos de sus volúmenes.

Para comparar la variabilidad entre objetos, en este análisis vamos a contrastar dos modelos arquitectónicos de volúmenes regulares; uno que tiene una forma geométrica más regular como es el edificio de la General de Granada y otro que tiene una forma algo menos regular como es el edificio Zaida, de tal forma que podremos comparar en qué medida cambia un modelo respecto de otro.

Las perspectivas exteriores del Edificio de la General de Granada

Descripción:

Esta obra arquitectónica fue proyectada por el arquitecto Alberto Campo Baeza, en la Carretera de Armilla de Granada, concretamente en frente del edificio de la Rural anteriormente tratado. En este caso, el cliente era la Caja General de Ahorros de Granada con el objetivo de situar en este lugar su sede central. La edificación se construyó entre 1999 y 2001. El volumen principal lo conforma un gran cubo sobre un podio flanqueado por dos patios. En este podio se resuelven aparcamientos, archivos y Centro de Proceso de Datos. En el cubo, alrededor del patio central, se organizan las oficinas en siete plantas. El cubo se construye con una trama de hormigón armado de 3x3x3m que en la cubierta sirve de mecanismo para recoger la luz, tema central de este edificio. Las dos fachadas a sur funcionan a modo de “brise-soleil” e iluminan, matizando esa luz potente, las zonas de oficina abierta. Las dos fachadas a norte, sirviendo a las oficinas individuales, reciben la luz homogénea y continua propia de esa orientación y se cierran al exterior, mediante una plementería de piedra y vidrio. El patio central interior, verdadero “impluvium de luz”, recoge la luz sólida del sol a través de los lucernarios y, reflejándola en los paramentos de alabastro del diedro abierto a sur, aumenta la iluminación

de las oficinas abiertas al diedro orientado a norte. La cubierta se apoya en cuatro grandes columnas de hormigón visto. Funcionalmente el edificio es de una gran compacidad, flexibilidad y sencillez. *(Fuente web plataforma arquitectura)*
 Para analizar la variabilidad de la apariencia del objeto arquitectónico según cambia la perspectiva desde la que se observa hemos elegido diferentes perspectivas exteriores del objeto con luz diurna (Figura 629), en concreto hemos seleccionado cuatro imágenes diferentes pero con el mismo marco, resolución y con fondos similares para hacer más homogéneas las comparaciones.



Figura 629

Por otro lado, puesto que lo que nos interesa es el edificio como figura, vamos a utilizar el peso visual parcial para realizar nuestros cálculos. Los datos de los pesos relativos en este caso hacen referencia al total de la imagen, por lo tanto utilizaremos el peso parcial relativo haciendo referencia solo a la figura que es lo que nos interesa. El peso relativo parcial de las figuras se establece suponiendo que todas las figuras adoptaran el tamaño total de la imagen, de tal forma que podremos comparar el peso de las figuras entre sí, independientemente del encuadre adoptemos y de la distancia que nos separe hasta la figura del objeto.

Para comparar el centro de gravedad visual con el centro de gravedad volumétrico (donde recae el centro del volumen, y más o menos el centro perceptual o del esquema mental de quien conoce el volumen general del edificio) hemos elevado el modelo tridimensionalmente y hemos calculado su centro mediante un programa avanzado de diseño asistido.

Resultados:

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

IMAGEN	LUMI. FONDO	PESO REL. PAR. IMAGEN	PESO REL. PAR. FIGURA	CENTRO GRAVEDAD VISUAL	CENTRO GRAVEDAD MATERIAL
1.General A	0.7529	0.2034	0.2774	524.5, 462.1	463.5, 452.4
2.General B	0.7529	0.1842	0.2377	512.5, 414.9	488.7, 440.4
3.General C	0.7529	0.1517	0.2142	507.8, 401.0	490.1, 426.9
4.General D	0.7529	0.2021	0.2489	545.0, 463.4	462.5, 416.9

Los centros de gravedad visual de las figuras con igual resolución y marco son los siguientes:



Figura 630

Mientras que los centros geométricos del volumen de la figura para las mismas imágenes son:

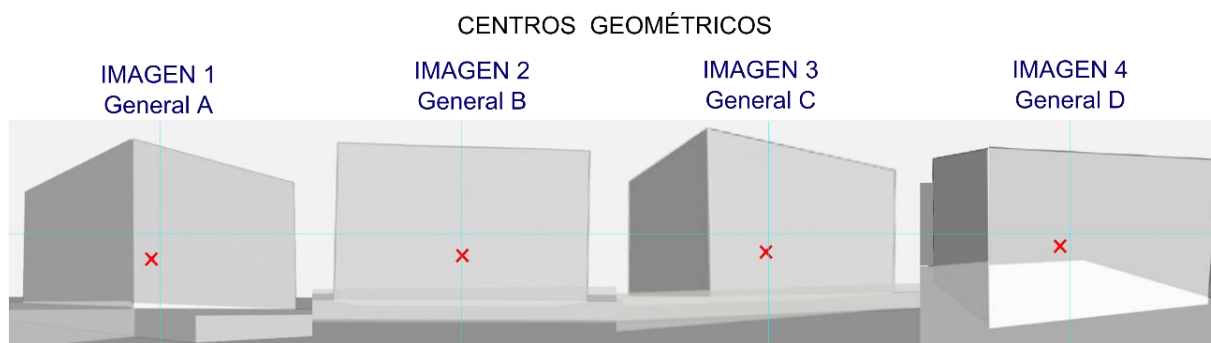


Figura 631

Dado que trabajamos con imágenes parciales para ser comparadas se ha determinado un fondo igual y homogéneo para todas con un valor medio de 0.75 es decir, con una luminosidad alta.

Por otro lado, como hemos comentado para comparar adecuadamente las perspectivas de la figura arquitectónica respecto de otras vamos a utilizar los pesos relativos parciales con referencia al total de la figura arquitectónica. En este caso, observamos que los pesos son relativamente bajos rondando el peso relativo de $P_m=0.25$ debido al color gris claro de los paramentos del edificio. Por otro lado, los valores oscilan entre la imagen 1 y 3 con un 6,32% de diferencia.

Por otro lado, al comparar los centros de gravedad visual (Figura 630) y los centros geométricos (Figura 631) obtenemos los siguientes resultados; la diferencia en la imagen 1 es del 3.18%, en la imagen 2 es del 2.80%, en la imagen 3 es del 2.57% y por último en la imagen 4 es de 7,61%. En general, vemos que los centros visuales están relativamente cerca de los centros geométricos, cercanos a 3%. Sin embargo, en la imagen 4 se establece un margen mayor. Al analizar la causa observamos que en la imagen parcial aparece una sombra en la parte baja que tira del centro de gravedad hacia abajo y por lo tanto, crea un desfase mayor.

Conclusiones:

En cuanto, a la comparación de los pesos relativos a la figura vemos que la diferencia mayor se establece con un porcentaje un poco más alto del 6%, por lo tanto este dato nos informa de que el edificio desde las diferentes perspectivas mostradas muestra unos pesos relativamente parecidos, es decir, es bastante estable.

En cuanto a la comparación de centros de gravedad, vemos que exceptuando la imagen 4 donde como hemos visto el efecto de la sombra crea una diferencia un poco mayor, en general los centros visuales y lo geométricos se aproximan bastante, estando cercanos al 3%. Por lo tanto, su equilibrio visual se acerca al real, lo que nos indica que exteriormente es un edificio bastante regular y legible donde la constancia perceptiva funciona perfectamente.

Las perspectivas exteriores del Edificio Zaida de Granada

Descripción:

Sobre el edificio Zaida que ya hemos tratado, vamos a hacer también un análisis de la variabilidad de apariencia según cambia el punto de vista. El proceso seguido en este caso es el mismo que con la obra anterior. Se han elegido cuatro imágenes exteriores (Figura 632) rodeando el edificio con fondos homogéneos para que se puedan comparar los resultados de forma adecuada.



Figura 632

Por otro lado, se han calculado también los pesos relativos a las figuras en su conjunto con el fin de ser comparadas, y se ha elevado una maqueta virtual tridimensional de su volumen estableciendo sobre esta su centro volumétrico real en las diferentes perspectivas.

Resultados:

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

IMAGEN 1100 x 1600	LUMI. FONDO	PESO REL. PAR. IMAGEN	PESO REL. PAR. FIGURA	CENTRO DE GRAVEDAD VISUAL	CENTRO GRAVEDAD MATERIAL
1.Zaida A	0.7490	0.0220	0.2416	484.6, 880.8	508.8, 826.9
2.Zaida B	0.7490	0.2119	0.2845	543.5, 1072.1	547.4, 932.2
3.Zaida C	0.7490	0.0670	0.2744	539.8, 1000.6	555.1, 926.5
4.Zaida D	0.7490	0.1104	0.2051	512.4, 971.5	584.3, 964.0

Los centros de gravedad visual de las figuras en las imágenes parciales son los siguientes:



Figura 633

Mientras que los centros geométricos del volumen de la figura en imágenes paralelas son:

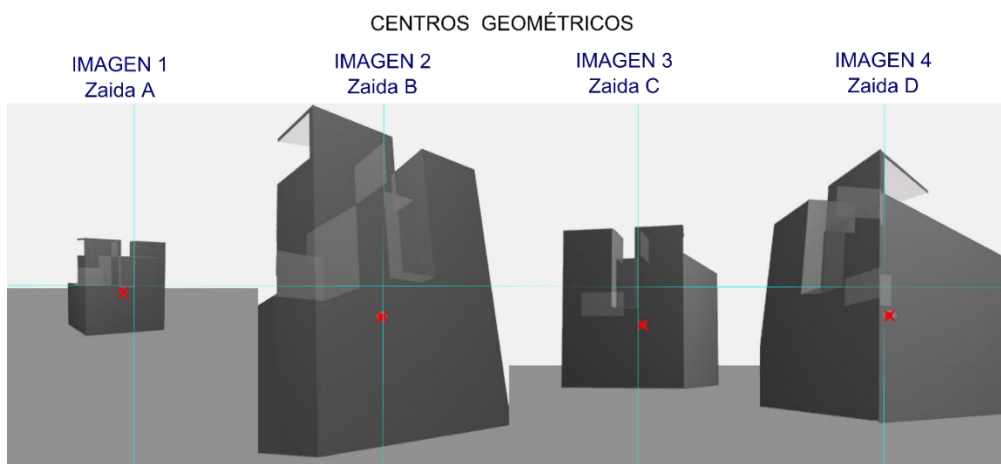


Figura 634

De la misma forma que en el caso anterior, se ha establecido una luminosidad de fondo homogénea para todas las imágenes, que en este caso también coincide con el valor de 0.75.

En cuanto a los pesos relativos de las figuras observamos que oscilan entre 0.20 y 0.30 con un margen algo mayor que el edificio anterior. Por ejemplo entre la figura 2 y la figura 4 existe un 7,49%. Al no superar el 10% nos está indicando que los diferentes pesos en las diferentes imágenes son relativamente homogéneos, es decir los pesos son estables aunque de forma algo menor que en el caso del edificio de la general.

Por otro lado, en la comparación de los centros de gravedad visuales (Figura 633) y los centros geométricos (Figura 634) vemos que también existe poca diferencia, estableciéndose de forma general los centros de gravedad en las imágenes algo más bajos a los geométricos debido al tirón del peso creado por el zócalo gris en el edificio, sobre todo se hace más notable en la imagen 2. Las diferencias concretas son en la imagen 1, hay un 3.04% de diferencia, en la imagen 2 hay un 7,21%, en la imagen 3 hay un 3,94% y en la imagen 4 hay un 3.73%.

Conclusiones:

Los resultados en este análisis muestran que el edificio Zaida muestra una apariencia estable y sin variaciones notables, lo que hace que sea fácil de esquematizar visualmente por un lado y por otro muestran un edificio exterior bastante constante perceptualmente, sin embargo algo menos que el edificio de la General.

La distancia y el enfoque en una pared de ladrillo

En cuanto a la distancia de observación, vamos a estudiar la acción de una textura arquitectónica sobre nuestra visión y su variación en función de la distancia que nos separa de ella. En general el efecto que se produce es una mezcla óptica donde el peso relativo se va perdiendo con la distancia, por lo tanto podremos medir en qué grado se va perdiendo la nitidez de la textura de una superficie en función de la distancia que nos separa de ella. En este primer caso vamos a analizar una fachada de ladrillo.

Descripción:

La obra seleccionada es el Centro de Día para Personas Mayores "Buenos Aires". Este centro público se sitúa junto a la circunvalación de Granada, en la rotonda de Neptuno, más concretamente en la Calle Eudoxia Piriz, s/n. Su función es la servir de centro social y cultural diurno para personas mayores. El edificio se alza como un volumen exento y de composición sencilla que alterna sus paramentos frontales planos con paramentos laterales curvos, a la vez que presenta una fachada porticada con todas sus superficies exteriores recubiertas de ladrillo.

Para su estudio hemos elegido un paramento referencia respecto del que nos podamos alejar lo suficiente hasta perder la visión de la textura de ladrillo manteniendo la visión de dicho paramento y del conjunto del edificio. Sobre esta alineación visual hemos elegido seis posiciones a distintas distancias obteniendo de ellas sus respectivas imágenes (Figura 635) con igual resolución y proporción, y en la misma secuencia temporal intentando evitar cambios lumínicos diurnos externos. Por lo tanto, para realizar una comparación adecuada hemos seleccionado de estas imágenes la misma muestra textural.



Figura 635

Dado que en las muestras solo aparecen las texturas, es decir todo es figura, utilizaremos en nuestros cálculos el peso visual integral.



Figura 636

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las seis imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 1350 x 1350	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD 675 , 675
1.Muestra LA	0.5038	0.0360	676.4, 670.9
2.Muestra LB	0.5193	0.0215	680.9, 654.3
3.Muestra LC	0.5629	0.0198	763.6, 569.1
4.Muestra LD	0.5526	0.0076	685.7, 721.6
5.Muestra LE	0.5795	0.0088	581.5, 774.0
6.Muestra LF	0.5823	0.0063	709.7, 699.4

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

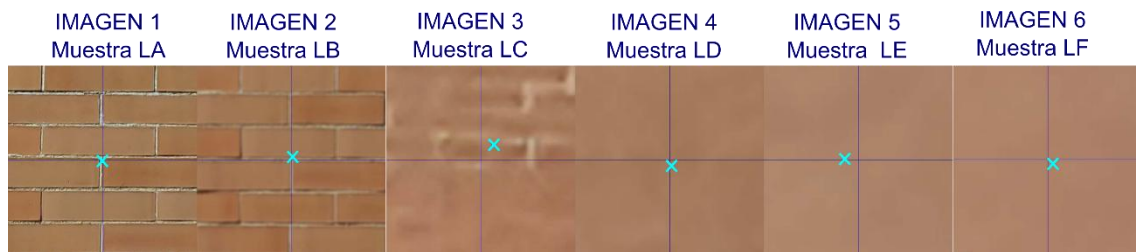


Figura 637

Los cambios de luminosidad en las muestras deben ser pequeños y en general debidos al cambio de la fuente luminosa y a alguna pequeña variación en la selección de muestra de cada imagen. En nuestro caso obtenemos todas las imágenes en torno al luminosidad de $L_m=0.55$ donde la mayor variación se sitúa en torno al 4%, tal y como esperábamos.

Por otro lado, en relación con el peso relativo, observamos nítidamente su variación hacia o según nos vamos retirando. Dado que la muestra de ladrillo no presenta unos contrastes acusados el peso en la imagen uno es bajo, en torno al 7% de sus posibilidades, por lo que la variación entre la imagen 1 y la imagen 6 queda en cerca de un 6%.

En cuanto a los centros de gravedad (Figura 637), teóricamente deberían ser iguales, sin embargo con la distancia las pequeñas perturbaciones de la textura se hacen más notables y tiran algo más de la imagen, por lo que observamos por ejemplo una variación entre la imagen 5 y la imagen 6 del 15,49% debido a la causa anteriormente citada.

Conclusiones:

Como conclusión en primer lugar, detectamos que siempre existe un rango de diferencia entre luminosidades según nos retiramos de la muestra debido a cambios luminicos y pequeños errores en la selección de la misma muestra en la distancia. De igual forma y por las mismas razones podemos encontrar variaciones en el equilibrio de las muestras.

En cuanto a nuestro objetivo queda demostrado que según nos retiramos aparece una mezcla optica donde la textura tiende a convertirse en un color plano sin practicamente peso alguno. En este caso, dado que la textura tiene poco contraste el peso que pierde es el que tiene, es decir poco un 6%.

Por lo tanto, las texturas en la distancia se vuelven colores planos y pierden su peso. Por lo que un edificio desde la lejanía deberá su peso al contraste entre diferentes texturas que actuaran como colores planos de tal forma que sus diferentes luminosidades interactuaran entre ellas aportando o restando peso a la figura.

La distancia y el enfoque en un paramento metálico

En este segundo caso, hemos elegido una textura formada por una superficie formada por chapas metálicas perforadas. La apariencia de superficies perforadas o superficies formadas por celosías en la distancia se vuelve translúcida según nos retiramos y su grado de translucidez depende del tanto por ciento de superficie ocupada por el material opaco.

Descripción:

El edificio al que pertenece esta textura es la Nueva Sede de Neuron Biopharma en Granada proyectado por el arquitecto Antonio Cayuelas Porras. Situado en el Campus de la Salud de Granada se empezó a construir en el 2012.

La obra está concebida como una superposición de cajas que representan y contienen cada una de las unidades de laboratorio y de otros usos definidos en el programa. Estas cajas van adaptándose en su posición a la normativa existente, que exige un retranqueo lateral conforme la altura aumenta. Las limitaciones de la reglamentación urbanística se transmiten en positivo transformándolas en argumento del proceso de proyecto. Las cajas exteriormente están formadas por paramentos de vidrio coloreado y por mallas metálicas translúcidas. Los colores de los vidrios que significan cada caja son una iniciativa de representación que busca dinamizar la imagen transmitiendo el optimismo inherente al proceso de investigación. (Fuente: consejo superior de colegios de arquitectos de España).

Aunque analizaremos más adelante los colores de esta obra, en este punto nos vamos a centrar exclusivamente en las mallas metálicas.

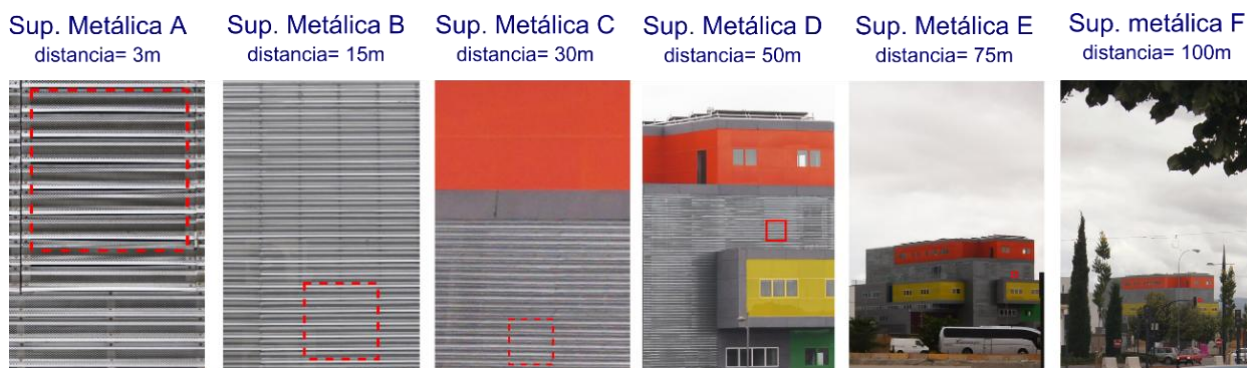


Figura 638

Para realizar su estudio vamos a seguir el mismo proceso que hemos seguido para la textura de ladrillo tanto en la obtención de muestras sobre imágenes tomadas a diferentes distancias, como el método a seguir que será el del peso integral.

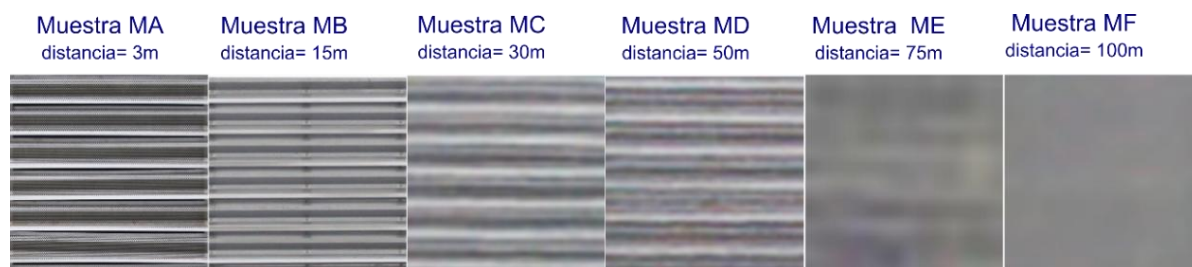


Figura 639

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las seis imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 977 x 977	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD 488.5, 488.5
1.Muestra MA	0.5053	0.2047	479.8, 495.3
2.Muestra MB	0.5840	0.1183	492.1, 482.2
3.Muestra MC	0.5992	0.0930	486.9, 498.9
4.Muestra MD	0.5876	0.0864	497.5, 491.1
5.Muestra ME	0.5313	0.0292	499.3, 557.2
6.Muestra MF	0.5677	0.0082	507.2, 502.5

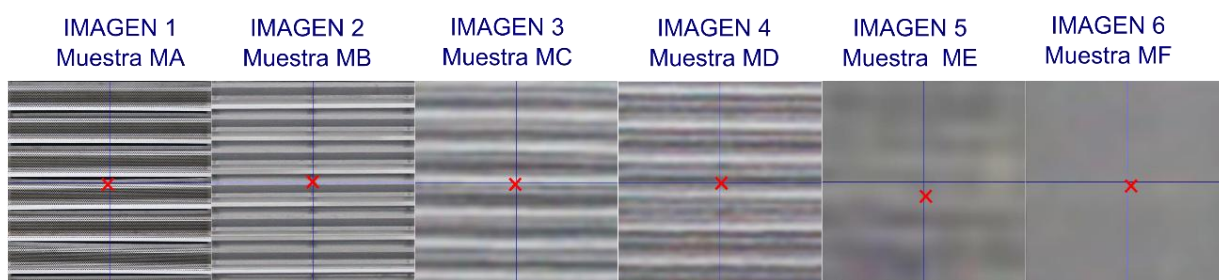


Figura 640

Al igual que en el caso anterior vemos que las diferentes luminosidades se sitúan en torno a la luminosidad $L_m=0.55$ con una variación respecto de esta que no supera el 5%.

En cuanto al peso relativo observamos que al ser la textura mucho más contrastada que la de ladrillo su variación de peso según no retiramos es mucho mayor. En este caso, la variación entre la imagen 1 y la imagen 6 es del 39,3%, es decir, pierde todo su peso y una gran cantidad comparada con la anterior.

En torno a los centros de gravedad (Figura 640), observamos la misma circunstancia que en el ejemplo anterior debido a pequeñas variaciones de la muestra en la distancia, se producen ciertas variaciones en sus localizaciones. Por ejemplo entre la imagen 1 y la imagen 5 obtenemos un 9,39% de diferencia.

Conclusiones:

Las conclusiones obtenidas en este análisis son análogas a las obtenidas en el estudio anterior. En este caso, destacamos que la pérdida de peso en la textura es prácticamente total. Esto quiere decir que una textura con mucho contraste y mucho peso, es decir con un índice cercano al 0.5 o lo que es lo mismo, cercano al 100% del peso integral posible, con la distancia pierde todo su peso. Al igual que una muestra con poco contraste y poco peso, sin embargo en este último caso la variación será mucho menor debido a que esta textura carece de un peso considerable.

7.2.3.11. Cambios debidos a varios factores actuando simultáneamente

Dado que los factores que influyen en la variabilidad de la escena arquitectónica suelen actuar a la vez y de forma irregular en sus intensidades, vamos a estudiar varios ejemplos donde podremos analizar el efecto conjunto sobre su apariencia y los valores del peso visual.

Ampliación del marco visual y movimiento en una escena de la Alhambra

En este caso vamos a estudiar cómo cambia la apariencia y el peso de una escena según se va ampliando el campo visual, a la vez que aparecen y desaparecen elementos móviles.

Descripción:

Para analizar esta variabilidad hemos vuelto al mirador de San Nicolás de Granada para observar la Alhambra. En este caso hemos elegido una escena nocturna sobre la que se ira abriendo el encuadre a la vez que las masas de las personas sobre el mirador irán modificando en cierta medida la apariencia de la imagen. Las imágenes seleccionadas han sido tres y se han capturado de un time-lapse nocturno en *wide screen* o pantalla ancha de forma secuenciada según se va abriendo el marco visual.



Figura 641

Dado que nos interesa como cambia toda la escena en su conjunto, utilizaremos el peso visual integral.

Resultados:

De las tres imágenes secuenciadas temporalmente hemos obtenido los siguientes datos:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
1800 x 800			900 , 400

1.Encuadre A	0.1314	0.1664	924.6, 418.1
2.Encuadre B	0.0835	0.1198	894.3, 446.2
3.Encuadre C	0.0590	0.1026	865.1, 444.7

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

IMAGEN 1
Encuadre A

IMAGEN 2
Encuadre B

IMAGEN 3
Encuadre C



Figura 642

En la primera imagen observamos una luminosidad baja, siendo un 37% menor que la media debido a que es una escena nocturna. De igual forma el peso relativo también se encuentra por debajo de la media (16%) aunque en este caso no es tan acusada como la luminosidad debido a que la iluminación de la Alhambra otorga a la imagen cierto contraste. En cuanto al equilibrio vemos que la imagen se encuentra con un pequeño desequilibrio respecto del centro geométrico del 6,26% en el cuadrante inferior derecho (Figura 642).

En la segunda imagen vemos como la luminosidad decrece un 5% debido a la ampliación del campo visual en el cual la imagen coge más espacio oscuro y por eso baja. De la misma forma y por la misma razón el peso relativo sufre un decrecimiento, siendo en este caso del 10%. El centro de gravedad se desplaza equilibrándose en el eje x pero descendiendo respecto el eje y un 23%.

En la tercera imagen observamos como con la continuación de amplitud de encuadre sigue el descenso luminoso, en este caso la variación es menor siendo de un 2% sobre la anterior. El peso relativo también mantiene su descenso y proporcional a la luminosidad siendo del 4%. Por último, el centro de gravedad continua su recorrido excéntrico hacia el cuadrante de abajo a la izquierda teniendo un desfase respecto el eje x del 7,8%, de 23% respecto el eje y, y un total de 11,7% respecto del centro de la imagen.

Conclusiones:

En primer lugar observamos que en esta escena se produce mayor variabilidad debido al cambio de encuadre que a la variación de las masas móviles.

Detectamos como con la ampliación o reducción del encuadre podemos modificar la luminosidad de una imagen sobre una misma escena, lo que nos puede ayudar a equilibrar mejor la luminosidad de cualquier composición.

En cuanto al peso relativo, ocurre lo mismo; este se puede reducir o ampliar con el encuadre y de esta forma podemos establecer un mejor equilibrio y contrate de las masas que componen la imagen.

En cuanto al equilibrio del centro de gravedad de la imagen observamos como este se desplaza según van apareciendo masas nuevas en la imagen obteniendo un desplazamiento entre la imagen 1 y la 3 del 6,7% sobre toda la imagen. Por lo tanto en este caso también obtenemos que la ampliación o reducción del encuadre en una escena integral provoca un movimiento del centro de gravedad.

En cuanto al tratamiento de la escena arquitectónica, dado la gran variabilidad que puede sufrir la imagen de una escena con el movimiento; la variación del encuadre nos puede servir en pocas situaciones como a la hora de establecer marcos visuales desde el interior hacia el exterior desde posiciones fijas.

Sin embargo, esta posibilidad es muy interesante para la representación de imágenes arquitectónicas, planos cinematográficos, fotografías así como la composición de estas.

Translucidez, reflexión y movimiento sobre unas cristalerías de la calle Ganivet

Descripción:

Sobre la misma escena de la calle Ganivet analizada anteriormente, hemos elegido unas imágenes nocturnas donde la mayor variabilidad es aportada por el cambio de apariencia de la cristalería trasera ya que cambia notablemente con la variación de la iluminación. Sin embargo, en este caso también aparecen ciertos movimientos externos por lo que este análisis se debe enmarcar dentro del estudio de apariencia debido a la acción de varios factores actuando a la vez.



Figura 643

Las imágenes elegidas han sido cuatro obtenidas de una misma secuencia temporal con un marco centrado en la vidriera posterior y con la intención de que la columna del soportal se configure como de eje simétrico de la imagen.

Por otro lado, utilizaremos el peso visual para el análisis ya que vamos a estudiar el cambio de apariencia de toda la imagen en su conjunto.

Resultados:

Al aplicar el peso visual integral a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
713 x 595			356.5 , 297.5
1.Soportal A	0.2896	0.1455	365.6, 299.5
2.Soportal B	0.2171	0.0840	360.2, 296.8
3.Soportal C	0.2243	0.0833	368.0, 286.6

4.Soportal D	0.3144	0.1425	364.6, 287.1
--------------	--------	--------	--------------

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

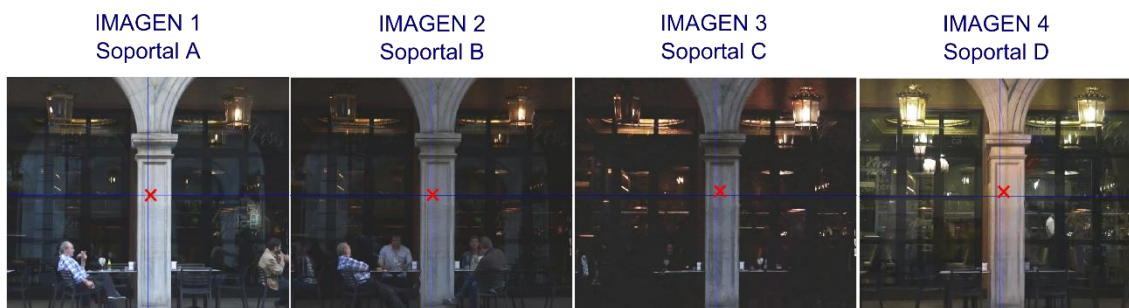


Figura 644

En primer lugar observamos que para ser una escena oscura el cambio de luminosidad es acusado. En concreto, la variación entre imagen 2 y la imagen 4 es del 9,73%, es decir casi un 10%, que se debe a la aparición de luces artificiales tanto interiores como exteriores en la escena.

En cuanto al peso relativo, vemos que baja mucho en la transición lumínica donde se pierden los contrastes. Existiendo, por ejemplo una variación entre la imagen 1 y la imagen 3 del 12,44%.

Por otro lado, observamos que la variación del centro de gravedad (Figura 644) es pequeña. En concreto la variación entre 1 y 4 es del 2,83%. Esto se debe posiblemente a que las imágenes son bastante simétricas y cuando se da esta circunstancia las imágenes tienden a estar equilibradas.

Conclusiones:

Durante la transición día-noche se produce un gran cambio de apariencia, en el cual la luminosidad y el peso disminuyen según se va el sol y aumentan con la inclusión de las luces nocturnas. Con luz diurna las cristaleras se vuelven reflectantes y reflejan el exterior, mientras que con las luces artificiales muestran el interior cambiando la imagen en gran medida.

Dado que en nuestro ejemplo el contraste externo diurno cobra valores parecidos al contraste nocturno, los pesos visuales de estas imágenes urbanas son parecidos aunque su apariencia sea diferente. La transición entre estas apariencias sin embargo queda reflejado mediante el peso visual a través de los valores que reflejan las imágenes 2 y 3 de nuestro ejemplo.

Por otro lado, en este cambio de apariencia de la imagen existirá cambio de equilibrio en función de la composición de la escena y la homogeneidad de la iluminación. Dado que nuestro ejemplo refleja una imagen simétrica con luces dispuestas de forma simétrica, los centros de gravedad siguen manteniéndose centrados.

Variabilidad de la imagen de la escena y del edificio Zaida

Para el estudio de varios factores actuando a la vez hemos elegido en primer lugar el escenario donde se inserta el edificio Zaida, sobre el que ya hemos trabajado anteriormente. Y vamos a estudiar las imágenes desde dos puntos de vista. Uno primero en el que se va a analizar la escena de la imagen donde el edificio se inserta en el conjunto urbano, y otro donde el edificio será considerado figura y el resto de la escena será considerado su fondo. Por lo tanto, en el primer caso utilizaremos el peso integral y en el segundo el peso parcial.

El escenario urbano donde se inserta el edificio Zaida:

Para el estudio de variabilidad de una escena urbana en su generalidad vamos a utilizar como hemos comentado imágenes integrales, ya que de esta forma todo cuenta, todo elemento de la escena influye en el peso y en el equilibrio general de toda la imagen.

Las diferentes imágenes para contrastar han sido tomadas desde la misma posición en diferentes momentos del año y diferentes tramos horarios, de tal forma que los elementos fijos arquitectónicos siempre coinciden en su posición en la imagen. De esta forma, vamos a estudiar la variabilidad debida a aspectos externos como cambios de iluminación, cambio de elementos móviles, cambios climatológicos y sus efectos visuales– efecto del agua de lluvia, cambio de la vegetación, etc. Varios factores a la vez porque en la escena urbana el cambio de apariencia se produce de esta forma, es decir la escena urbana está cambiando constantemente, ya que en todo momento hay varios factores actuando simultáneamente.

En este caso, vamos a estudiar la variación que sufre la escena en cuatro momentos diferentes (tres momentos diarios de diferentes estaciones y un momento nocturno) y desde dos puntos de vista (una perspectiva general y una perspectiva focal desde una calle).

Perspectiva de plano general frontal

En un primer lugar vamos a analizar una escena general donde el edificio Zaida, proyectado por el arquitecto Alvaro Siza aparece centrado en la imagen según los tres momentos temporales diferentes comentados.



Figura 645

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 548 x 743	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD 274 , 371.5
1.Zaida 1 integral A	0.6130	0.2506	282.5, 386.9
2.Zaida 1 integral B	0.5450	0.2820	258.5, 339.4
3.Zaida 1 integral C	0.3987	0.2843	272.8, 367.5
4.Zaida 1 integral D	0.2720	0.1640	295.5, 297.3

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

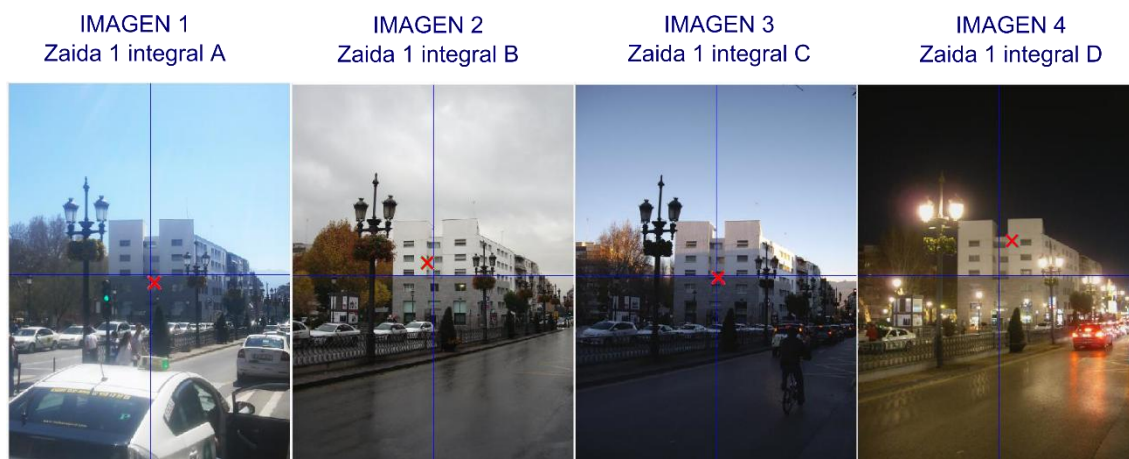


Figura 646

En primer lugar observamos entre las diferentes imágenes un cambio de luminosidad muy grande que va desde una luminosidad $L_1=0.61$ superior a la media de la primera imagen a $L_4= 0.27$ de la imagen 4 muy inferior a la media, es decir una variación entre 1 y 4 del 34,3 %.

En cuanto, al peso relativo de toda la imagen, observamos que también existe una gran variación. En concreto, observamos que las imágenes pasan de un contraste superior a la media como son las imágenes 2 y 3 con $P_{2,3}=0.28$ a una imagen inferior como es la imagen 4 con $P_4=0.16$, es decir con una variación de peso relativo entre ellas del 24,06 %, es decir un variación enorme.

Por otro lado, en torno a los centros de gravedad (Figura 646) observamos que también existen grandes desplazamientos, pasando el desequilibrio del centro de gravedad por varios cuadrantes. Por ejemplo, la variación del centro entre la imagen 1 y la imagen 4 llega hasta el 19,73%.

Conclusiones:

Observamos que la imagen seleccionada de la escena en la que se enmarca el edificio Zaida cambia considerablemente a lo largo de un año o una temporada. Estos cambios de apariencia se deben a la variación combinada de las luces, a

cambios en los cielos y en los suelos, a cambios en la vegetación, a cambios en los elementos móviles, etc, que en general se producen en ese entorno de forma notable. Los cambios de luminosidad llegan casi al 35%, es decir las condiciones ambientales de un día iluminado superan considerablemente la luminosidad media mientras que la iluminación nocturna queda muy por debajo. Incluso la diferencia de luminosidad de un día nublado de invierno con el de la noche llega al 25%, lo que es bastante para un solo día, y por otro lado, demuestra que la intensidad de las luces nocturnas queda bastante por debajo de la luz diurna en dicho entorno.

Por otro lado, los pesos también cambian llegando al 24%, esto es que la misma escena la podemos encontrar en ciertas ocasiones con más igualdad y menos contrastes entre formas y colores, y en otras ocasiones encontramos la escena al contrario, es decir con mucho contraste entre formas y colores que forman su imagen. De igual forma, la variación de los centros de gravedad es grande llegando hasta cerca del 20% y desplazándose en diferentes direcciones, lo que nos indica que las diferentes masas y densidades que forman la escena varían de forma muy acusada en los diferentes momentos del año.

Perspectiva desde una calle

En segundo lugar, vamos a estudiar una escena donde el punto de vista está situado en una calle que da al espacio donde se encuentra el edificio Zaida para contrastarla con la anterior. Por lo tanto, en este caso influirán tanto los elementos del espacio como los conformadores de la calle y la variabilidad de estos.



Figura 647

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 510 x 742	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD 255 , 371
1.Zaida 2 integral A	0.5346	0.2522	263.9, 373.9
2.Zaida 2 integral B	0.4915	0.2544	253.6, 328.5
3.Zaida 2 integral C	0.3113	0.2497	249.3, 349.1
4.Zaida 2 integral D	0.3705	0.2135	265.6, 383.7

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

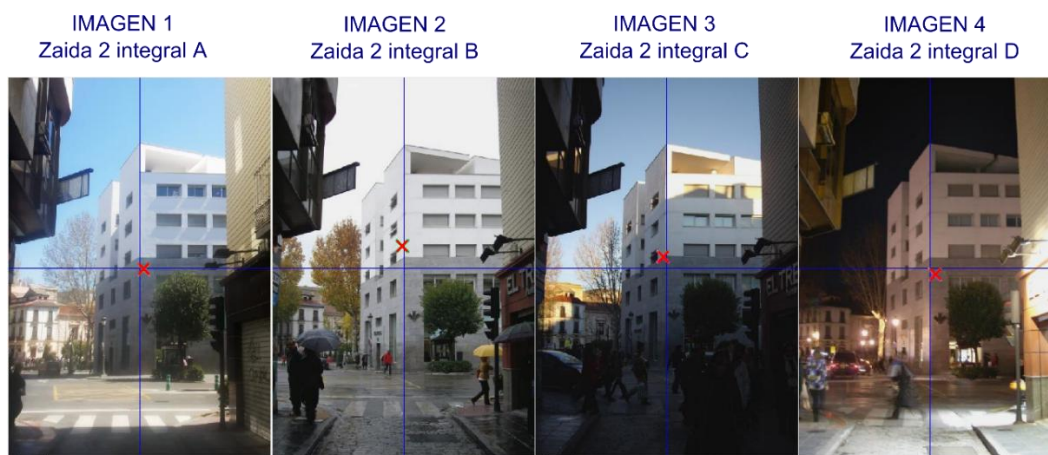


Figura 648

En primer lugar observamos que existe una gran variabilidad de luminosidad, pero en este caso menos acusada que en el caso anterior. Aquí la luminosidad máxima supera por poco la media y la máxima diferencia de luminosidades entre las imágenes se queda en el 22,33% entre la imagen 1 y la imagen 3, que curiosamente no es la nocturna.

En cuanto a la variación de pesos relativos, también observamos que la variación desciende, situándose todos cercanos al peso medio y quedando la variación entre la imagen 2 y la imagen 4 en el 8,18%.

Por último, en esta secuencia de imágenes también se observa una notable variación de centros de gravedad (Figura 648) por diferentes cuadrantes. En concreto la variación entre la imagen 2 y la imagen 4 llega hasta el 12,29%.

Conclusiones:

El hecho de que la nueva perspectiva se encuentre situada dentro de una calle, provoca ciertos cambios en los valores respecto de las anteriores imágenes, en general podemos decir que en este caso la variabilidad se reduce respecto de la perspectiva en el espacio abierto.

El rango de luminosidades se reduce por dos cuestiones; la primera porque con luz diurna y desde el interior de la calle la luminosidad se reduce y por otro lado, que por la noche, las luces artificiales de la calle aumentan la luminosidad con respecto del espacio abierto anterior. Por lo tanto, esta es la clave entre la diferencia de luminosidades de un espacio urbano abierto a un espacio más cerrado como es el de una calle en "U". De igual forma, la variabilidad de pesos también se reduce, en este caso se debe a que el tubo o canal de la calle homogeneiza los contrastes al cerrar la perspectiva.

Por último, observamos que los centros visuales sí mantienen su variabilidad, ya que abarcan un amplio campo de desplazamientos. Esto se debe a que en las imágenes existen grandes cambios de densidades en las diferentes masas que las conforman. Aunque en este caso, estas masas no cambian su delimitación o forma, aquí lo que hacen es cambiar acentuadamente su luminosidad particular.

El edificio Zaida como figura:

Para el estudio del edificio como figura, hemos elegido dos perspectivas; un alzado frontal centrado y una perspectiva lateral de la obra arquitectónica donde se puede percibir la generalidad del edificio. Para estos estudios se han elegido también cuatro imágenes secuenciadas en los mismos espacios temporales que las anteriores.

Parcial dual del edificio Zaida desde una perspectiva frontal

Dado que en los alzados frontales existe una notable diferencia entre los cielos y los suelos, vamos a utilizar el método de cálculo del peso parcial dual.



Figura 649

Resultados:

Al aplicar el peso visual parcial dual a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	FONDO 1	FONDO 2	PESO RELATIVO PARCIAL DUAL	CENTRO GRAVEDAD
2636 x 3459	2636 x 1810	2636 x 1655		1318 , 1729.5
1.Zaida 3 parcial A	0.93	0.62	0.15	1295, 1721
2.Zaida 3 parcial B	0.60	0.30	0.06	1314, 1296
3.Zaida 3 parcial C	0.88	0.29	0.08	1306, 1332
4.Zaida 3 parcial D	0.02	0.24	0.15	1326, 1388

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

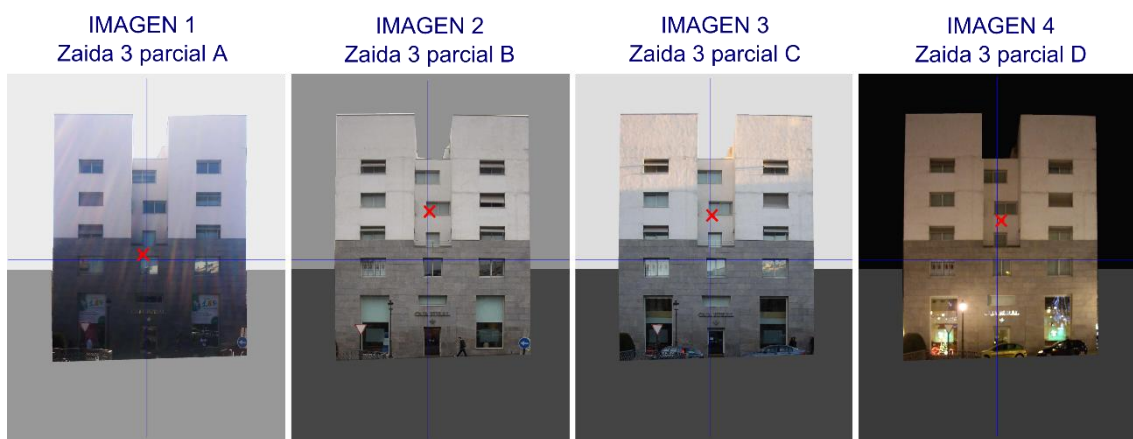


Figura 650

En primer lugar, al analizar las luminosidades o fondos de la figura, observamos que existe una total variación entre los diferentes cielos (fondo 1), llegando a existir una diferencia entre la imagen 1 y la imagen 4 del 91 %, es decir pasamos

de un cielo casi blanco a un cielo totalmente oscuro, algo lógico por otra parte. En cuanto a la variación entre suelos (fondo 2), vemos que con la luz diurna el suelo aparece más claro que con las luces nocturnas, llegando a existir una diferencia de luminosidad entre la imagen 1 y la imagen 4 del 38 %. Por otro lado, al analizar los fondos duales de forma global, observamos que el que presenta mayor contraste es el de la imagen 3 con 59 % de diferencia entre cielo y suelo, mientras que la imagen 4 muestra un contraste del 22 %, lo que deja claro la necesidad de utilizar el método dual.

En cuanto al peso relativo, observamos que la figura pesa más cuando sus fondos son más claros o cuando son más oscuros, llegando hasta $P_{1,4}=0.15$, y cuando los fondos adquieren luminosidades medias decrece notablemente. En concreto variación entre la imagen 1 y la imagen 2, se acerca al 10%.

En cuanto a los centros de gravedad (Figura 650) observamos que menos en la imagen 1, en el resto el centro de gravedad tienden a elevarse debido al empuje de la parte blanca del edificio, llegando a existir una variación entre la imagen 1 y la imagen 4 del 7,69 % sobre toda la imagen y una variación entre las figuras 1 y 4 del 11,49 %.

Conclusiones:

En primer lugar notamos que el edificio al tener una luminosidad media adquiere más peso cuando sus fondos son más claros o por el contrario cuando son más oscuros, es decir cuando existe mucha luminosidad diurna o poca nocturna. Por otro lado y por la misma razón, la figura del edificio nunca llega a crear un gran peso en la imagen, dado que su gran zócalo gris reduce la amplitud de pesos admisibles en la imagen.

En cuanto a los centros de gravedad, observamos que los paramentos blancos en la parte de arriba del edificio crean el mayor peso y que al elevar su centro de gravedad, elevan de esta forma el edificio hacia arriba. Por lo tanto, el gran zócalo gris asienta el edificio contra el suelo, mientras que sus paredes blancas lo elevan creando de esta forma una tensión vertical, separando y ordenando visualmente el espacio que rodea al edificio.

Parcial simplificado del edificio Zaida desde una perspectiva lateral

De la perspectiva lateral hemos elegido la izquierda, ya que se sitúa en una zona peatonal y es de donde se percibe mejor el edificio como figura a nivel de calle.

En este caso, utilizaremos el método del peso parcial simplificado, ya que las diferencias de contraste entre suelos y cielos no son acusadas, es decir las densidades de los elementos que aparecen en ellas se reparten de forma más o menos homogénea.



Figura 651

Resultados:

Al calcular el peso visual parcial aplicando el método simplificado a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 578, 742	LUMINOSIDAD (FONDO)	PESO RELATIVO PARCIAL	CENTRO GRAVEDAD 289 , 371
1.Zaida 4 parcial A	0.68	0.22	290, 523
2.Zaida 4 parcial B	0.66	0.18	254, 510
3.Zaida 4 parcial C	0.78	0.25	264, 500
4.Zaida 4 parcial D	0.15	0.20	291, 429

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

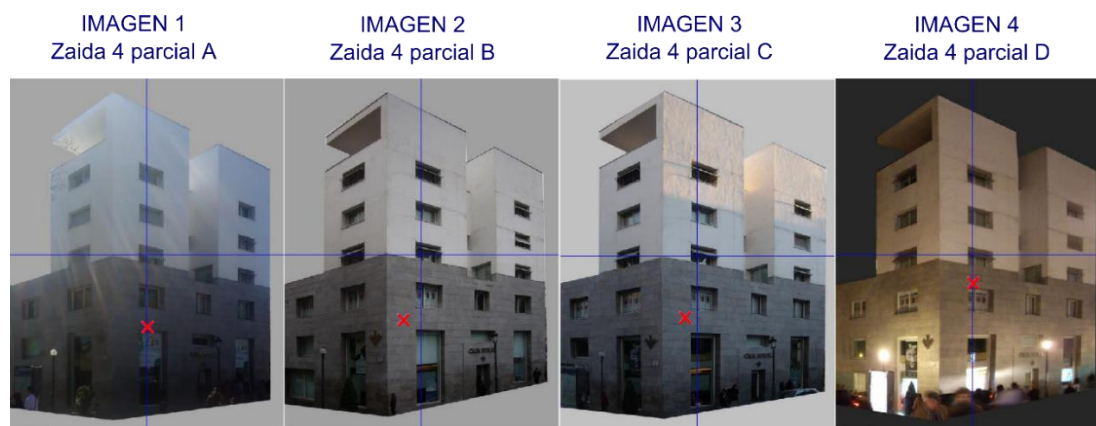


Figura 652

De la misma forma que en los anteriores estudios observamos una gran variabilidad lumínica entre las diferentes imágenes elegidas. En este caso, observamos una variación de los fondos entre la imagen 3 y la imagen 4 del 63%.

En cuanto al peso relativo observamos que los pesos son relativamente bajos y con no mucha variación. Se sitúan en torno al 25% debido a que los tonos medios del edificio producen poco contraste y su figura abarca casi toda la imagen. Por esa misma razón la variabilidad tampoco es muy grande, en concreto entre la imagen 2 y la imagen 3 observamos un 7% de diferencia de peso.

Por último, en cuanto a los centros de gravedad (Figura 652) observamos que en estas imágenes el poder del zócalo gana al del paramento blanco que se adquiere diferentes tonalidades de gris y por lo tanto pierde su fuerza. Este efecto hace que los centros se desplacen hacia abajo, con una variación entre la imagen 2 y la imagen 4 cercana al 10%.

Conclusiones:

Cuando nos acercamos al edificio y lo observamos como figura, de tal forma que abarca casi toda la imagen visual, su peso queda reducido al perderse el poder contrastante en sus paramentos. La figura adquiere tonos grises y pesa poco, por lo tanto perceptualmente no crea una llamada de atención importante cuando pasamos junto a él, pasando más bien desapercibido. Si la intención en este caso es otorgar el foco de atención al espacio que crea la plaza, se conseguido perfectamente.

Por otro lado, cuando nos acercamos al edificio también observamos que su centro de gravedad desciende desplazándose en dirección al suelo debido a la fuerza de su zócalo gris de piedra de Sierra Elvira.

Variabilidad en la figura del Edificio de la General y en sus paramentos

Para el estudio de la variabilidad debida a varios factores a la vez, hemos elegido también el edificio de La General de Granada, del que también hemos tratado con anterioridad. En este caso vamos a analizarlo en dos franjas temporales distintas.

Un tramo de un día donde podremos observar los diferentes cambios de apariencia que se suceden con los diferentes cambios de iluminaciones tanto naturales como artificiales, ya sean proyectadas desde fuera del edificio o desde el mismo edificio, por lo que debemos considerarlo como una mezcla de factores.

Por otro lado, también estudiaremos la variabilidad a lo largo de un año. En este caso estudiaremos como pueden cambiar sus superficies exteriores y más concretamente sus texturas con el cambio de diversos factores.

Apariencia general de la figura del edificio de la General

Para este estudio hemos elegido una perspectiva lateral tomada desde la calle y las imágenes, cuatro en concreto han sido extraídas de un fragmento de time-lapse.

Dado que el fondo está formado prácticamente por el cielo y es bastante homogéneo, el peso visual parcial del objeto como figura se determinará mediante el método simplificado.

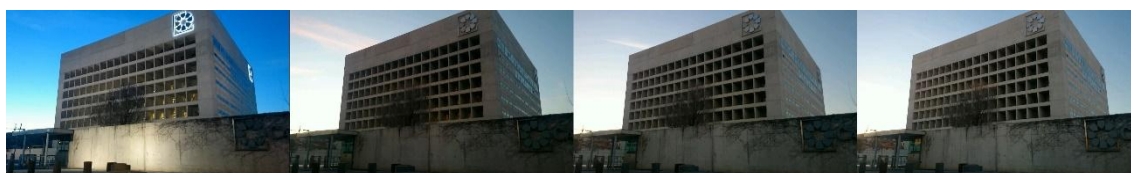


Figura 653

Resultados:

Al calcular el peso visual parcial aplicando el método simplificado a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 1271 x 748	LUMINOSIDAD (FONDO)	PESO RELATIVO PARCIAL	CENTRO GRAVEDAD 635.5 , 374
1.General 1 parcial A	0.6980	0.2576	697.2, 453.4
2.General 1 parcial B	0.8510	0.4634	678.8, 461.6
3.General 1 parcial C	0.8314	0.4160	675.5, 465.7
4.General 1 parcial D	0.8431	0.3942	678.1, 468.1

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

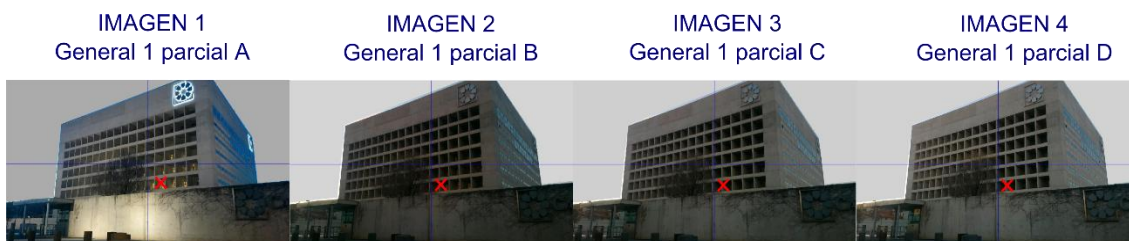


Figura 654

En un primer lugar observamos una gran luminosidad de fondo debida al cielo diurno. La variación entre los cielos más oscuros y más claros se produce entre las imágenes 1 y 2 con un 15,3% de diferencia.

Por otro lado, observamos que los paramentos de hormigón gris adquieren poca capacidad de contraste y por lo tanto de añadir peso a la figura del edificio, sin embargo al ser la luminosidad del fondo alta, llega a alcanzar un $P_2=0.4$ en la imagen 2, con una variación entre la imagen 1 y la imagen 2, superior al 20%.

Por otro lado, observamos un cambio en los centros de gravedad (Figura 653) muy pequeño, se observa un pequeño cambio debido a la inserción de las luces artificiales, pero aun así es pequeño. En concreto la variación entre la imagen 1 y la imagen 3, muestra una diferencia del 1,67%.

Conclusiones:

La imagen del edificio de La General es bastante estable debido a que no tiene ninguna modificación formal ni material, sufre poca variación lumínica y cuando aparecen luces nuevas lo hacen con poca intensidad.

La fuerza de su peso la consigue al contrastar con el cielo que hace de fondo, por lo tanto su valor máximo llega cuando el cielo se acerca más a tonalidades blancas, sin embargo por la noche al ser leve la acción de las luces artificiales no adquiere ningún peso considerable. Solamente la iluminación sobre el cartel de su logotipo y nombre metálicos en la parte alta del edificio actúan como llamada de atención al sobreponerse sobre los paramentos oscuros de hormigón que hacen de su fondo en la noche.

El edificio al variar poco de masas y de colores mantiene su peso prácticamente estático, lo que le otorga una gran estabilidad y rigidez visual. Erigiéndose exteriormente como una gran figura estable y sin mutabilidad. Si la intención del arquitecto fue dar esta imagen a la entidad financiera, entonces lo ha conseguido de forma muy notable.

Apariencia superficial del Edificio de la General a lo largo del año

A lo largo de un año podemos encontrar varios factores que se modifican y se combinan actuando de forma diferente sobre la apariencia de la obra arquitectónica. Los cambios de iluminación natural del sol, los cambios debidos a la iluminación artificial, los cambios debidos a algún movimiento de alguna parte, los cambios debidos a la climatología sobre los paramentos, los cambio debidos al entorno, etc, hacen que podamos tener imágenes muy diferentes del objeto en estudio.



Figura 655

Descripción:

Dado que en este estudio nos interesa analizar cómo cambia la apariencia de su superficie, hemos seleccionado seis muestras de las diferentes imágenes tomadas en diferentes momentos y circunstancias temporales, y las hemos igualado en perspectiva, marco, resolución con el fin de que sean estudiadas a través del peso visual. Por otro lado, dado que nos interesa todo lo que aparece en las muestras utilizaremos el peso visual integral donde todo es figura.

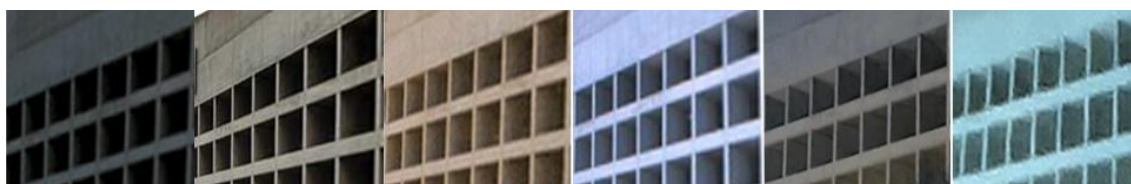


Figura 656

En esta comparación, se hace notable la variabilidad de otros atributos del color, aunque para este estudio nos quedaremos solo con los datos que nos aporta el peso visual.

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las seis imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
161 x 153			80.5 , 76.5
1.Muestra GA	0.1846	0.1359	79.4, 77.1

2.Muestra GB	0.3345	0.2312	83.0, 77.1
3.Muestra GC	0.4741	0.1818	81.6, 73.4
4.Muestra GD	0.5374	0.2198	80.7, 75.8
5.Muestra GE	0.3619	0.1278	83.1, 78.1
6.Muestra GF	0.5884	0.1784	80.9, 76.8

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

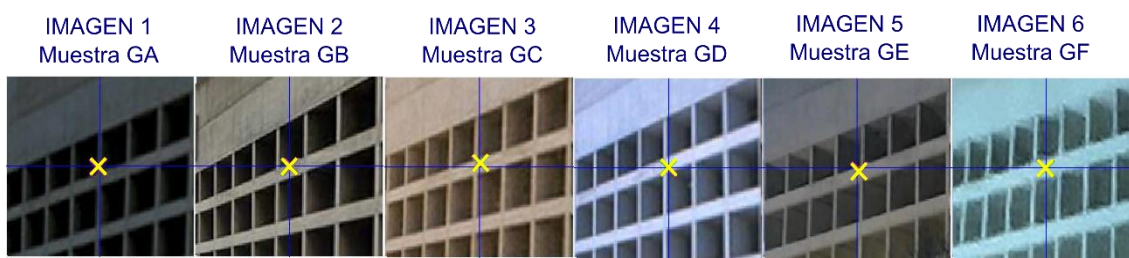


Figura 657

En un primer lugar observamos algo lógico, que es una gran variación de luminosidades. Dado que la iluminación externa de este edificio es básicamente la que ofrece la luz diurna y la climatología notamos por ejemplo una variación entre la imagen 1 y la imagen 6 del 40,38%, que es algo normal para la reflexión difusa de un elemento gris para los diferentes días y climatologías a lo largo de un año.

En cuanto al peso relativo, dado que nos centramos en una muestra donde aparecen los huecos de la edificación puede mostrar unos contrastes más amplios que solamente la textura del hormigón. En concreto observamos diferentes contrastes lumínicos donde la variación entre la imagen 2 y la imagen 5 supera el 20%.

Por otro lado, al observar los centros de gravedad (Figura 657) vemos que no existe práctica variación como esperábamos. En concreto la variación entre la imagen 1 y la imagen 5 es solo del 3,71%.

Conclusiones:

Las muestras observadas muestran también poca variabilidad tal y como esperábamos. La variabilidad lumínica de las diferentes condiciones lumínicas diurnas a lo largo del año hace que la parte más contrastada de la superficie del edificio se muestre con más potencia en los momentos de mayor intensidad y luz directa, y que baje hasta un 20% en los días grises y nublados. No obstante, este dato nos parece relativamente bajo para representar la mayor variabilidad de la muestra.

Por otro lado, los centros de gravedad dan otra muestra de estabilidad al no desplazarse prácticamente. Por lo tanto, a pesar de la gran variabilidad lumínica diurna la superficie del edificio se muestra estable de la misma forma que lo hace la figura global del edificio.

Variabilidad en la figura del Edificio de La Rural y en sus paramentos

De la misma forma que hemos estudiado el edificio de la General, vamos a estudiar el edificio vecino de la Rural, es decir estudiaremos la variabilidad del edificio como figura y posteriormente estudiaremos como cambian las texturas de sus superficies a lo largo del año. Este edificio tiene una formalización externa totalmente diferente a la de su vecino como ya vimos con anterioridad.

Por lo tanto, una vez realizado este estudio y obtenidas las conclusiones correspondientes podremos compararlas con las del edificio de la General con el fin de determinar en qué medida concreta cambian sus apariencias y si lo hacen del mismo modo y cantidad o no.

Apariencia general de la figura del edificio de la Rural

El estudio del edificio como figura se llevará a cabo de la misma forma que se hizo con el de la general. Por lo tanto obtendremos cuatro fotogramas de un time-lapse con una perspectiva peatonal y en la misma secuencia horaria que en el edificio anterior.



Figura 658

Sin embargo, en este caso utilizaremos el peso visual parcial con el método dual ya que aquí, si se perciben diferencias de contraste entre suelo y cielo.

Resultados:

Al calcular el peso visual parcial aplicando el método dual hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN 554 X 615	FONDO 1 554 X 395	FONDO 2 554 X 220	PESO RELATIVO PARCIAL DUAL	CENTRO DE GRAVEDAD 277 , 110
1.Rural 1 Parcial A	0.7412	0.2392	0.090	263, 312
2.Rural 1 Parcial B	0.7216	0.2392	0.084	251, 315
3.Rural 1 Parcial C	0.6588	0.3608	0.068	244, 322
4.Rural 1 Parcial D	0.3608	0.4196	0.043	250, 325

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

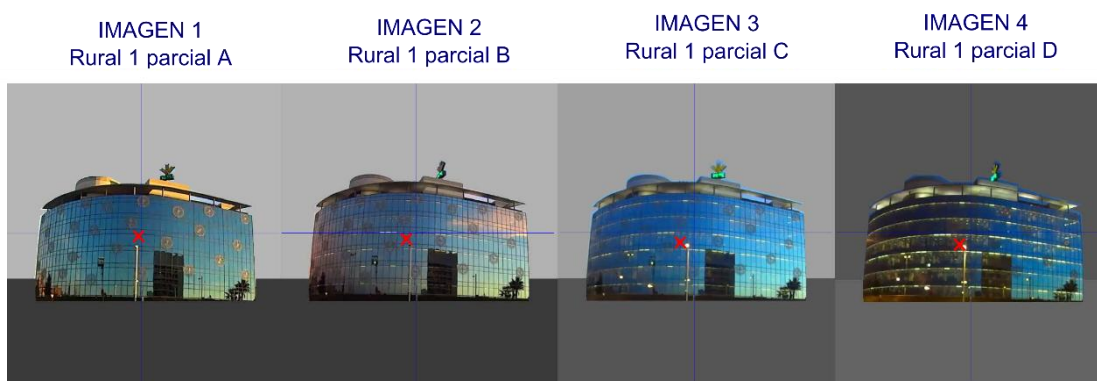


Figura 659

Sobre los datos obtenidos en primer lugar observamos sobre las luminosidades de los diferentes fondos que la variación de cielos (fondo 1) entre la imagen 1 y la imagen 4 llega a un 38,04%. En cuanto a la variación entre suelos (fondo 2) entre la imagen 1 y la imagen 4 llega a un 18,04%. Y si por otro lado, nos fijamos en la diferencia de contraste entre los dos fondos de cada imagen observamos que en la imagen 1 existe un contraste del 50,2 %, mientras que en el polo opuesto en la imagen 4 existe una diferencia del 5,88 %. Por lo tanto, menos en la última imagen, observamos que era necesario la utilización del método dual debido a estos grandes contrastes.

En cuanto al peso relativo vemos que la figura del edificio en general pesa poco, existiendo una variación entre la figura 1 y la figura 4 del 4,7 %.

Por último, al analizar la variación de los centros de gravedad (Figura 659) vemos que entre la imagen 1 y la imagen 3, existe solo un 2,59 % sobre toda la imagen y un 4,05 % sobre toda la figura.

Conclusiones:

En primer lugar observamos que los fondos se van homogeneizando según llega la noche, por lo tanto la figura del edificio cada vez va pesando menos. Por otro lado, observamos que el edificio al estar formado por una superficie especular, y tal y como vimos refleja su entorno próximo que en este caso es prácticamente el cielo que le rodea por lo que se mimetiza con su fondo pesando muy poco y pasando muy desapercibido.

Por otro lado, al analizar los centros de gravedad observamos lo mismo, el edificio al reflejar el cielo que muestra poca variabilidad de masas hace que la imagen sufra poca variación en el desplazamiento de los centros de gravedad.

Por lo tanto, en esta situación el edificio se muestra mimetizado con su entorno sin llamar la atención como figura. Su variabilidad depende de la variabilidad del cielo y del entorno circundante, por lo que cuando las condiciones sean regulares y simétricas su imagen será de integración total y pasara desapercibido, pero cuando las condiciones sean irregulares mostrando una asimetría notable, el edificio se mostrará como una figura contrastante adoptando en esta ocasión un peso relevante. Dado que el edificio a nivel de calle refleja mayormente el cielo y dado que las condiciones meteorológicas son constantemente variables, el edificio es totalmente variable como veremos a continuación.

Apariencia superficial del Edificio de la Rural a lo largo del año

Para este estudio, vamos a escoger también seis imágenes que muestran el edificio con apariencias muy diferentes a lo largo del año y sobre ellas seleccionaremos las mismas muestras de la superficie externa para ser analizadas.

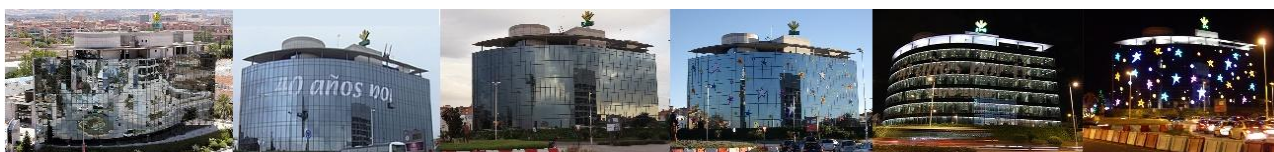


Figura 660

En este caso, ya de primeras observamos que la variabilidad de apariencia es mucho mayor que en el caso de la General. También observamos que los factores que actúan en la variabilidad de la apariencia aquí también actúan en mayor número y con mayor intensidad que en el caso anterior.

De la misma forma que en el caso anterior, aquí utilizaremos el peso visual integral.



Figura 661

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las seis imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO DE GRAVEDAD
430 x 441			215 , 220.5
1.Muestra RA	0.5052	0.1727	218.0, 204.9
2.Muestra RB	0.5264	0.0962	198.4, 230.0
3.Muestra RC	0.4046	0.1021	209.6, 232.3
4.Muestra RD	0.4172	0.0796	200.6, 257.6
5.Muestra RE	0.2804	0.1723	207.8, 221.4
6.Muestra RF	0.1753	0.1933	218.3, 206.1

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

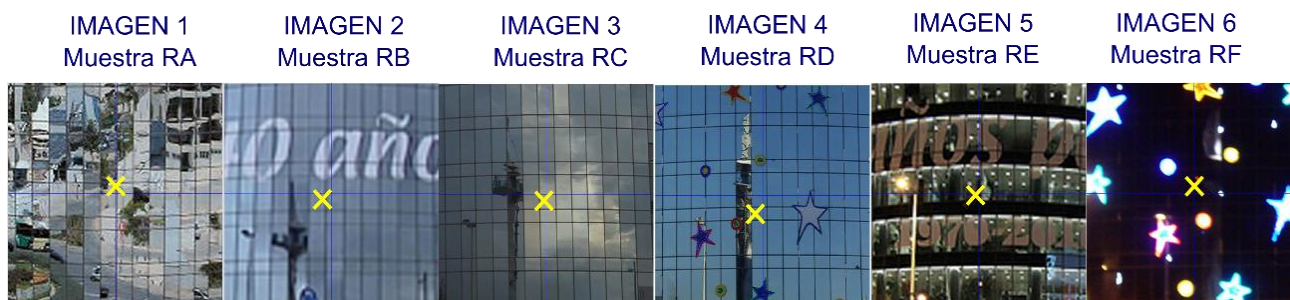


Figura 662

Como era de esperar vemos que en las diferentes muestras se observa una gran variación de luminosidad. En concreto, observamos variación entre la imagen 2 y la imagen 6 de un 33%, que en definitiva muestra la diferencia de luminosidad de los cielos en esos instantes.

En cuanto al peso relativo detectamos también una gran variación pasando de imágenes con poco peso y sin contraste alguno como es la imagen 4 hasta imágenes con elementos muy contrastantes como es la imagen 6, en concreto observamos una diferencia de peso entre ambas imágenes del 22,74%.

Por último, también observamos que los paramentos de este edificio cobran diferentes apariencias con diferentes composiciones lo que provoca grandes desplazamientos de centros de gravedad (Figura 662). Por ejemplo, notamos una variación entre la imagen 4 y la imagen 6 del 17,87%.

Conclusiones:

Con este estudio que se remite a varias situaciones a lo largo del año probamos la gran variabilidad que puede llegar a mostrar un edificio realizado con muros cortinas en sus paramentos exteriores.

Las luminosidades mostrarán las de su entorno exterior, por lo tanto la reflexión especular estos paramentos muestran perfectamente la variabilidad del ambiente, mientras que la reflexión difusa de otros paramentos opacos lo hacen en mucha menor medida. Por otro lado, los pesos cambian en gran medida debido a que partes y zonas de la muestra también lo hacen, ya sea por adicción, por inserción de luces, por cambios del entorno reflejado, etc. De igual forma, al cambiar las masas y sus densidades los centros de gravedad se desplazan con cada variación.

Por lo tanto, este edificio se muestra con una apariencia de total mutabilidad, justamente lo contrario a su vecino de enfrente. Como referencia significativa está el contraste entre los logotipos que se muestran en las partes altas de estos edificios, mientras que la general muestra una señal totalmente estática, la rural muestra una señal rotativa que está girando dinámicamente en todo momento. Por lo tanto, si esta era la intención expresiva para esta parte del exterior de este edificio financiero entonces sus diseñadores lo han resuelto adecuadamente. No obstante, nos llama la atención de que paradójicamente al mirar esta este edificio lo que vemos reflejado sobre este paramento es la imagen de su competencia.

7.2.4. CAMBIO ENTRE REPRESENTACIÓN E IMAGEN REAL

Por último, ya que es de gran interés para la labor del artista, el diseñador o el arquitecto también estudiaremos la variabilidad de la imagen o representación de una idea arquitectónica en proyecto respecto de su posterior imagen una vez realizada.

Al hablar de representación nos referimos a la presentación pública de lo que posteriormente será la obra, evidentemente nos referimos a los diferentes modelos, maquetas o prototipos que se realizan durante la fase de creación donde el diseño está todavía en experimentación y no se da como concluido.

La idea es que el proyecto representado se lo mayormente fidedigno a la obra una vez construida con el fin de que toda intención expresiva de la obra llegue adecuadamente a su término. Por lo tanto, nos interesa analizar los factores responsables de que en muchas ocasiones la representación previa de una obra puede llegar a diferir en gran medida respecto su posterior realización. En este estudio intentaremos mostrar algunas de las causas más representativas que provocan estas diferencias.

7.2.4.1. La no inclusión del entorno que rodea a la obra en la representación

Es muy habitual que se muestren representaciones de futuros proyectos que no incluyen los elementos del entorno con los que interaccionará y siempre que en la representación no aparece el entorno, la imagen presentada cambia respecto de la posterior realización, y en ciertas ocasiones en gran medida.

Por otro lado, debemos de reconocer que en ciertas ocasiones esta posibilidad no es factible por diversas causas, en otras ocasiones son los autores los que prefieren obviar el entorno dejando de lado el mobiliario, los vehículos, las personas y otros elementos, al presentar y representar su obra. Los motivos de estas desvinculaciones son diversos, aunque mayormente se encuentra la intencionalidad estética y la de focalizar la atención visual exclusivamente en la obra, aunque aparezca en un escenario virtual e irreal.

Por lo tanto, a continuación vamos a poner un ejemplo de cómo ciertas representaciones contrastan con su posterior imagen real.

La representación tridimensional del Edificio Neuron Bio

Dado que es muy difícil encontrar ejemplos de representación y de su posterior realización donde solamente existan cambios en el entorno, hemos elegido un ejemplo donde a parte del entorno existen ciertos cambios de color, por lo tanto este cambio también se analizará de forma conjunta con la escena.

En este caso hemos elegido el edificio Neuron Bio, sobre el que trabajamos anteriormente y hemos puesto en comparación imágenes actuales frente a imágenes que se realizaron antes de su construcción mediante diseño asistido por ordenador en 3D.



Figura 663

Perspectiva 1

En la perspectiva primera hemos igualado el modelo con la imagen actual pudiendo comprobar los cambios debidos mayoritariamente a la urbanización, inserción de edificios anexos, a cambios del color y conformación de ciertos paramentos, y a cambios en elementos del entorno como vehículos y vallas.

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las dos imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
497 x 406			248.5 , 203
1.Neuron Bio 1A	0.6349	0.1925	250.9, 220.1
2.Neuron Bio 1B	0.6175	0.1668	280.0, 229.3

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

IMAGEN 1
Neuron Bio 1A

IMAGEN 2
Neuron Bio 1B



Figura 664

De los datos obtenidos con el peso visual obtenemos que existe una variación entre la imagen 1 y la imagen 2 del 1,74 %. Lo que es bastante aceptable. En el caso de los pesos relativos vemos que la variación entre la imagen 1 y la imagen 2 llega al 5,14%. En este caso comprobamos que la realización definitiva muestra un contraste de masas algo menor que el diseño tridimensional.

En cuanto a los centros de gravedad (Figura 664), observamos que la variación es mayor llegando hasta el 9,46%. Observamos que en el diseño la composición se encuentra equilibrada en el eje x, y un poco descentrada hacia abajo en el eje y, mientras que en la realización el centro de gravedad se encuentra descentrado en el cuadrante de abajo a la derecha, lo que nos indica que las masas de este cuadrante tiran con mucha más fuerza de la composición que el resto posiblemente por las incorporaciones del entorno que en la representación tridimensional no aparecen.

Perspectiva 2

En la segunda perspectiva, a parte de algún cambio de color, algún cambio en los brillos y algún cambio en los huecos, observamos que la sombra proyectada por el edificio anexo cambia notablemente la apariencia de estas imágenes al ser comparadas.



Figura 665

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las cuatro imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
606 x 374			303 , 187
1.Neuron Bio 2A	0.7424	0.1012	302.4, 213.5
2.Neuron Bio 2B	0.5958	0.1780	271.2, 191.6

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:

IMAGEN 1
Neuron Bio 2A

IMAGEN 2
Neuron Bio 2B



Figura 666

En la comparación observamos que la variación entre las imágenes llega hasta el 14,66%. Esto se debe a parte de los colores que son más oscuros en la obra realizada que en el diseño, a que la sombra del edificio anexo otorga una gran oscuridad a la imagen segunda.

En cuanto al peso relativo observamos que la variación también es notable, en concreto la variación entre la imagen 1 y la imagen 2, llega hasta el 15,36%. En este caso, observamos que en la segunda imagen las masas se presentan bastante más contrastadas debido a las mismas razones expuestas en la luminosidad.

En torno al centro de gravedad (Figura 666), observamos que la variación entre la imagen 1 y la imagen 2 llega hasta el 10,52%, quedando la imagen 2 mucho más descentrada en el eje x debido al peso creado por la sombra del edificio contiguo.

Conclusiones:

Como acabamos de comprobar en este ejemplo, hay dos factores que pueden afectar en la variabilidad entre diseño y realización; uno es que los colores no coincidan con los planeados y en segundo lugar es que cuando no se incluyen los elementos del entorno en las representaciones, la imagen final puede cambiar bastante.

Existen casos donde no es fácil respetar las ideas y representaciones iniciales. En el caso de los materiales puede pasar que exista una gran diferencia en el precio de ciertos materiales, que no existan en stock o que ya no estén en el mercado, mientras que relativo al entorno, puede ser que las construcciones y elementos del entorno se construyan a la misma vez que el obra, por lo que el autor o autores no tienen noción de cómo serán las edificaciones anexas y por lo tanto no las pueden incluir en sus representaciones.

7.2.4.2. No tener en cuenta la direccionalidad de la luz o de las luces habituales

Muchas veces nos podemos encontrar con situaciones donde nuestro diseño se muestra de forma diferente debido a que no han sido estudiados los efectos que puede causar la iluminación.

La pared de la cafetería del Instituto Cartuja

Descripción:

En este primer caso volvemos a la composición del paramento de la cafetería del IES Cartuja y en este caso compararemos la idea proyectada y la obra ya realizada.

Por lo tanto, estudiaremos el diseño y lo compararemos con las imágenes reales una vez realizada la obra. Existen básicamente dos tipos de iluminación en dicho espacio; la exclusivamente natural con la entrada de luz diurna por las ventanas, y la artificial que se añade a la anterior cuando esta es insuficiente para iluminar el interior. Por lo tanto, estudiaremos estos dos casos y lo compararemos con la representación previa. No utilizaremos la posibilidad de solamente luz interior porque la cafetería tiene un uso diurno y nunca se utiliza de noche o en ambientes nocturnos.

Para que la comparación sea adecuada, se analizará solo la composición mediante peso visual integral donde las imágenes de la realización en perspectiva frontal encajan de forma perfecta con la imagen de la composición.



Figura 667

Resultados:

Al aplicar el peso visual a las tres imágenes hemos obtenido los siguientes resultados:

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
1893 X 993			946.7 , 496.5
1.Diseño base	0.7633	0.3042	927.8, 479.4
2.Iluminación A	0.5758	0.3060	1073.7, 491.8
3.Iluminación B	0.5931	0.2407	1004.2, 472.1

Los centros de gravedad sobre las imágenes quedan en las siguientes posiciones:



Figura 668

Del diseño base (Figura 668a) obtenemos los siguientes resultados: La luminosidad llega hasta un valor de $L_d=0.76$, es decir tiene una luminosidad alta debido a que gran parte del diseño es blanco. En cuanto al peso relativo, obtenemos un valor de $P_d=0.30$, es decir superior a 0.25 que supera la media de contraste y equilibrio de masas. El centro de gravedad queda un poco desviado en el cuadrante superior izquierda. Con un desfase sobre el eje x del 4,18%, un desfase sobre eje y del 6,95% y un desfase total del 4,92%, es decir algo menos del 5%, lo que nos informa que imagen está bastante centrada sobre todo en el eje x.

Sobre la imagen con luz natural de la obra realizada (Figura 668b) le hemos aplicado el balance de blancos para que muestre la imagen tal y como se ve en la realidad. El balance de blancos es un ajuste realizado por software que consigue una reproducción de color correcta sin mostrar dominantes de color, que son especialmente notables en los tonos neutros (el blanco y los distintos tonos de gris), con independencia del tipo de luz que ilumina la escena. Sobre los datos obtenidos observamos que la luminosidad tiene un valor de $L_1=0.67$ algo menor que en el diseño, en torno al peso relativo obtenemos un valor $P_1=0.30$ igual al diseño y el centro de gravedad queda en el cuadrante superior izquierda con un desfase respecto del eje x del 27,7%, un desfase respecto del eje y del 1,45% y un desfase total del 24,51%, cercano al 25% lo que nos da una imagen bastante descentrada, sobre todo en el eje x. Si analizamos el desfase sobre el diseño (aquí el desfase abarca todo el área= $\frac{1}{2}$ de la imagen es decir el doble que en los casos anteriores) obtenemos un desfase en el eje x del 15,94%, un desfase en el eje y del 2,75% y un total 16,18% respecto el centro de gravedad del diseño.

Sobre obra realizada con luz natural combinada con luz artificial (Figura 668c) y aplicando también el balance de blancos obtenemos una luminosidad de $L_2=0.60$, algo menor todavía que en la imagen 2, un peso relativo de $P_3=0.23$ con una diferencia del 14% sobre las imágenes anteriores y un centro de gravedad en el cuadrante superior izquierda con un desfase sobre el eje x del 13,18%, un desfase sobre el eje y del 9,51% y un desfase total del 12,5%. Es decir, con la imagen un poco descentrada. Respecto al desfase sobre el diseño base (aquí el desfase abarca todo el área= $\frac{1}{2}$ de la imagen es decir el doble que en los casos anteriores) tenemos un desfase respecto el eje x del 8,68%, un desfase respecto del eje y del 1,25% y un desfase total del 8,77%.

Conclusiones

Como hemos comprobado las condiciones lumínicas reales cambian la imagen proyectada provocando ciertos cambios de apariencia no advertidos. Aunque las luminosidades y los pesos relativos cambian poco, el equilibrio de la composición varía notablemente de forma no intencionada.

Por lo tanto, sacamos como conclusión que el no estudiar la iluminación con anterioridad a la representación de la obra puede llevar a soluciones no deseadas. No obstante, con el uso adecuado de la iluminación artificial siempre se pueden intentar contrarrestar ciertos desequilibrios no intencionados.

7.2.5. EJEMPLO DE DISEÑO Y COMPROBACIÓN DE LA REALIZACIÓN CON PV

A continuación vamos a mostrar cómo se puede utilizar la herramienta PV en el diseño de una composición y en el posterior análisis de su realización.

Los zócalos de los pasillos del Instituto Cartuja

Descripción:

Para este estudio hemos elegido tres propuestas de diseño de zócalos para los pasillos interiores para las tres plantas del Instituto Cartuja de Granada, encargadas al arquitecto Raúl Parada Castellano, entre los años 2011 y 2012.

En este caso, vamos a estudiar cómo utilizar PV en el diseño y cómo analizar las posibles diferencias que pueden aparecer entre el proyecto y la realización posterior. Aunque nos interesa la coincidencia de colores en la textura de azulejos también debemos comentar que se pueden detectar cambios debidos a la direccionalidad de la luz como vimos en el punto anterior y por lo tanto, también los trataremos.

La necesidad planteada solicita la reforma de los pasillos del Instituto Cartuja con la implantación de unos nuevos zócalos que serán realizados con azulejos de colores de 20 x 20. Aunque para el diseño de estos zócalos se han seguido varias técnicas compositivas, en este estudio solo trataremos las relacionadas con el peso visual.

Para realizar nuestro análisis, diseño y realización seguimos los siguientes pasos:

A) Análisis de la situación actual

1. En primer lugar se fotografía el módulo base en situación de pasillo con su luz habitual, igualmente se determina un módulo apto de ser captado adecuadamente por nuestro campo visual en reposo.

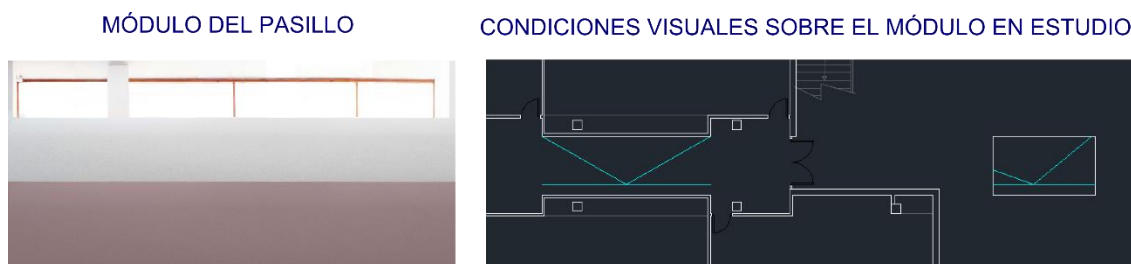


Figura 669

2. Se realiza un balance de blancos sobre la fotografía para que ésta muestre el paramento del pasillo tal y como lo vemos
3. Arreglamos la distorsión de la perspectiva con un programa de retoque fotográfico, mostrándola de esta forma como una proyección paralela.

B) Necesidades del diseño

4. Se establecen los tres módulos de diseño. Una por cada planta.

4.1. Se decide mantener la altura de zócalo a 1,20m. Las composiciones serán de colores obtenidos de las fichas técnicas de los azulejos que se ofertan en el mercado.

SELECCIÓN DE MUESTRAS, COMPOSICIÓN Y EQUILIBRIO



Figura 670

4.2. Dentro de las necesidades propuestas se requiere un diseño de pasillos con gran claridad. Por lo tanto, se intentará obtener un diseño con una luminosidad alta y que el peso relativo no sea inferior a 0.25 para que muestre cierto contraste en la composición.

4.3. Se intentará que el centro de gravedad en el eje x este equilibrado.

4.4. Se intentará que el límite del zócalo con el paramento blanco sea el centro de gravedad en el eje y.

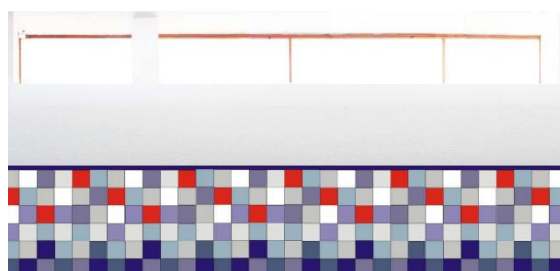
C) Aplicación

5. Se aplica sobre las propuestas el software PV y se analizan los resultados.

A parte de otros recursos compositivos y que en este estudio no se van a describir se aplica el PV para intentar atender las necesidades planteadas.

5.1 Planta primera.

COMPOSICIÓN MÓDULO DEL PASILLO 1ª PLANTA



EQUILIBRIO COMPOSICIÓN 1ª PLANTA

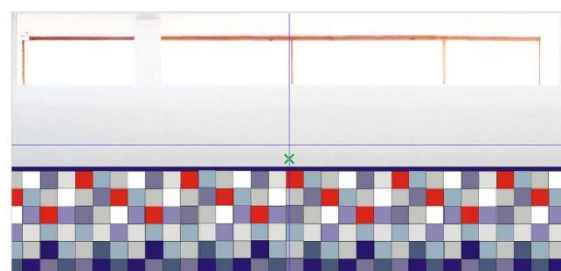


Figura 671

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
1240 x 585			620 , 292.5
1. Diseño P1	0.8006	0.1921	620.9, 324.4

Luminosidad: se establece una luminosidad alta $L_{p1}= 0.80$, con lo que otorgará cierta claridad al pasillo

Peso relativo: El peso relativo $P_{p1}=0.19$, lo que indica que existe un equilibrio de contraste de color y de forma medio. Evidentemente no nos interesa un peso relativo bajo, ya que el diseño pecaría de monótono, y no puede ser alto, ya que bajaría la claridad y no se admiten zócalos muy oscuros.

Centro de gravedad: El C.G queda en el centro del eje x, y sobre el eje y y queda bastante cercano al límite del zócalo tal y como se pretendía.

5.2 Planta segunda

COMPOSICIÓN MÓDULO DEL PASILLO 2ª PLANTA

EQUILIBRIO COMPOSICIÓN 2ª PLANTA

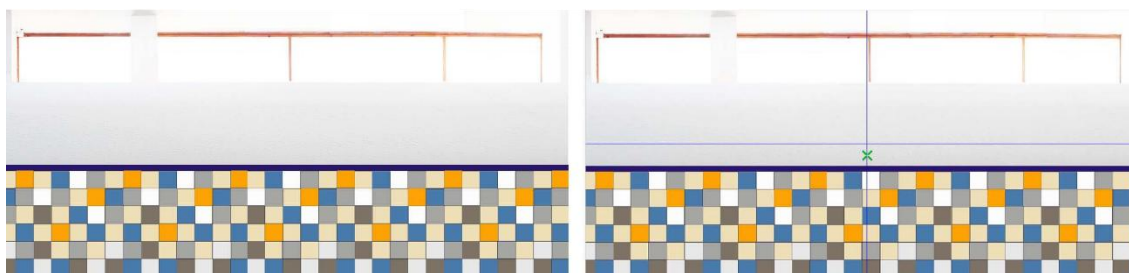


Figura 672

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
1240 x 585			620 , 292.5
1. Diseño P2	0.8362	0.1572	621.5, 318.1

Luminosidad: se establece una luminosidad alta $L_{p2}=0.83$ con una claridad incluso mayor que el diseño de la planta 1.

Peso relativo: El peso relativo queda en $P_{p2}=0.16$ que es algo más homogéneo que el anterior.

Centro de gravedad: El C.G es igual que el de la planta 1, quedando en el centro del eje x, y sobre el eje y, quedando cercano al límite del zócalo tal y como se pretendía.

5.3 Planta baja

COMPOSICIÓN MÓDULO PASILLO PLANTA BAJA

EQUILIBRIO COMPOSICIÓN PLANTA BAJA

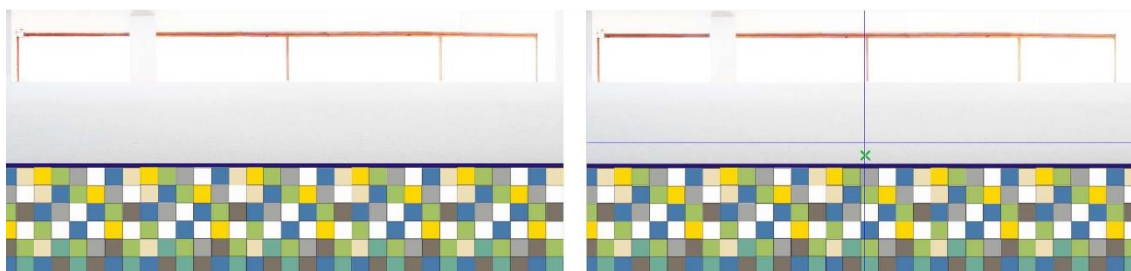


Figura 673

IMAGEN	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD
1240 x 585			620 , 292.5
1. Diseño Pb	0.8336	0.1601	622.8, 321.5

Luminosidad: se establece una luminosidad también alta $L_{ps}=0.85$, con una claridad en el pasillo que mantiene la línea de las anteriores composiciones.

Peso relativo: El peso relativo $P_{ps}=0.17$, también se mantiene la línea de sus predecesores.

Centro de gravedad: El C.G también queda en el centro del eje x, y sobre el eje y también queda cercano al límite del zócalo tal y como se pretendía.

D) Construcción y análisis

En este punto, se comprueba que la realización práctica coincide con los diseños. En este estudio solo vamos a comprobar los valores relativos al peso visual.

6. Se comprueba si coinciden los resultados con el diseño.

6.1 Planta primera

- Con luz artificial (Obra Luz 1)

REALIZACIÓN PASILLO 1ª PLANTA LUZ ARTIFICIAL

EQUILIBRIO 1ª PLANTA LUZ ARTIFICIAL

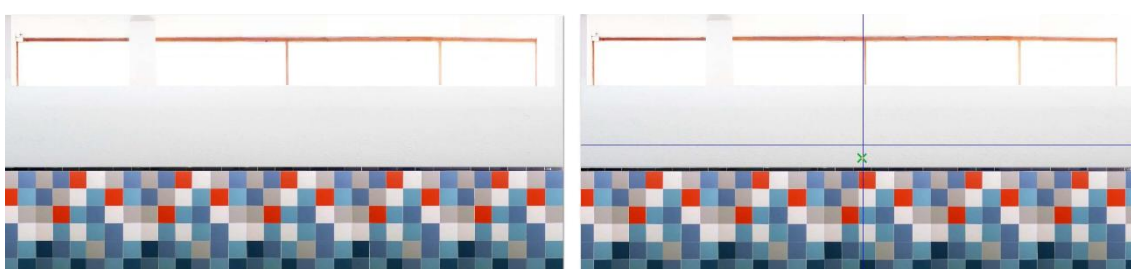


Figura 674

- Con luz natural direccional, sin apoyo de luz artificial (Obra Luz 2)

REALIZACIÓN PASILLO 1ª PLANTA LUZ NATURAL

EQUILIBRIO 1ª PLANTA LUZ NATURAL

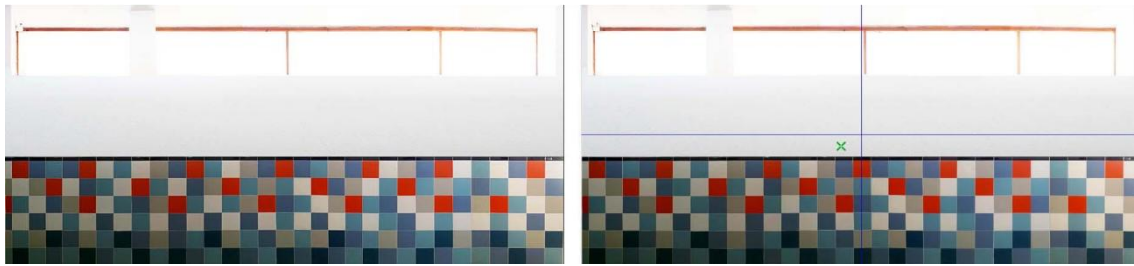


Figura 675

Para la comparación realizamos una tabla donde se muestran todos los resultados:

IMAGEN 1240 x 585	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD 620 , 292.5
1.Diseño P1	0.8006	0.1921	620.9, 324.4
2.Obra Luz 1	0.7877	0.1980	618.7, 322.2
3.Obra Luz 2	0.7300	0.2593	575.2, 319.2

Luminosidad: Si comparamos la luminosidad del diseño con la obra (luz 1) obtenemos una diferencia del 1,29%, es decir el diseño y la realización tienen unas luminosidades parecidas. Sin embargo, si comparamos la luminosidad del diseño con la obra (luz 2) obtenemos una diferencia del 7,06%. Lo que nos dice que con la luz natural direccional la variación respecto del diseño varía un poco más.

Peso relativo: Si comparamos ahora los pesos relativos observamos que la diferencia en el primer caso es del 1,18% y en el segundo vuelve a aumentar hasta el 6.72%.

Centro de gravedad: En torno a los centros de gravedad observamos que la variación en el primer caso es del 0,41% y en el segundo del 6,75%

6.2 Planta segunda

REALIZACIÓN PASILLO 2ª PLANTA LUZ ARTIFICIAL

EQUILIBRIO 2ª PLANTA LUZ ARTIFICIAL

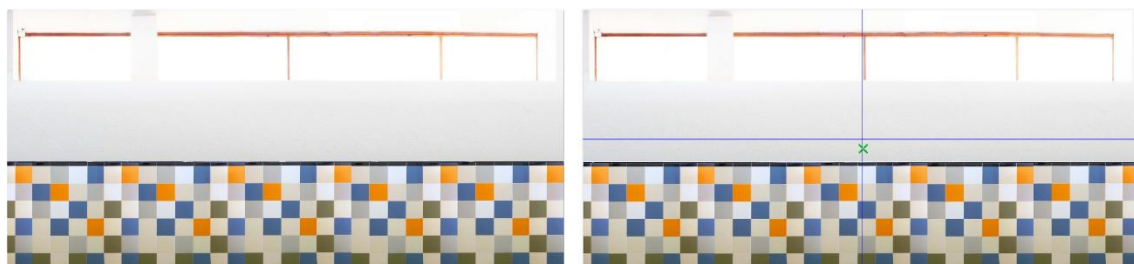


Figura 676

IMAGEN 1240 x 585	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD 620 , 292.5
1.Diseño P2	0.8362	0.1572	621.5, 318.1
2.Obra 2 Luz 1	0.8281	0.1502	622.5, 313.3

Luminosidad: En esta planta observamos que la diferencia entre el diseño y la realización es poca solo con un 0,81%.

Peso relativo: La diferencia entre los pesos relativos también es pequeña con un 1,4%.

Centro de gravedad: Por último, observamos que la variación de los centros de gravedad también es muy aceptable desplazándose solamente un 0,74%.

6.3 Planta baja.

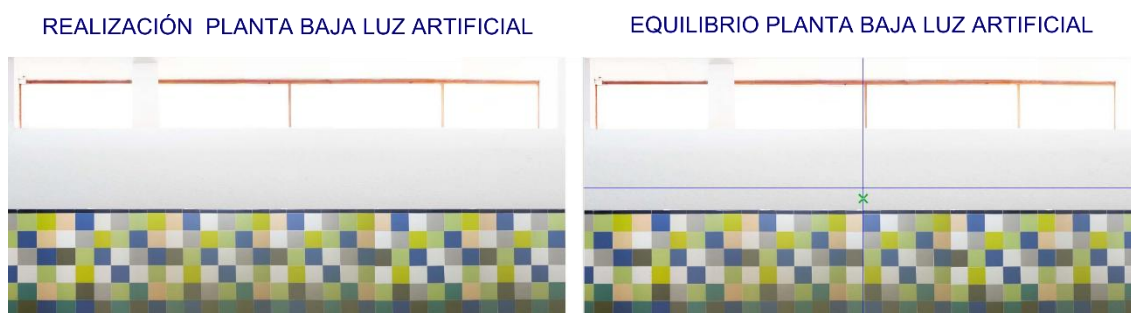


Figura 677

IMAGEN 1240 x 585	LUMINOSIDAD	PESO RELATIVO	CENTRO GRAVEDAD 620 , 292.5
1.Diseño Pb	0.8336	0.1601	622.8, 321.5
2.Obra 3 Luz 1	0.8058	0.1699	621.1, 315.8

Luminosidad: En este caso vemos que la diferencia de luminosidades es de un aceptable 2,51%.

Peso relativo: En el caso de los pesos relativos detectamos también una variación pequeña del 1,96%.

Centro de gravedad: Por último, la variabilidad de pesos es aceptable siendo solo del 0.79%.

E) Conclusiones:

Acabamos de mostrar el modo en el que se puede utilizar la herramienta del peso visual en el diseño y la posterior comprobación de la realización de la obra.

En este caso hemos comprobado que las realizaciones se acercan bastante a los diseños, y que la variación aparece cuando no se utilizan luces artificiales siendo una situación no habitual.

En el caso de no coincidir o distanciarse mucho los resultados nos serviría el peso visual para detectar cuales han sido las variantes que han modificado la expresividad final con el fin de intentar corregirla actuando con los factores que hemos tratado a lo largo de este estudio.

8. RESULTADOS

A continuación vamos a describir los resultados obtenidos en la presente tesis, organizados en torno a los tres bloques en los que se desarrolla esta tesis, es decir a la fundamentación denominada la teoría de la apariencia (5), a las acciones sensoriales visuales, el peso visual y el equilibrio de la imagen (6), y por último a la aplicación práctica sobre la variabilidad de diferentes imágenes de escenas arquitectónicas (7).

8.1. RESULTADOS EN EL DESARROLLO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA TEORÍA DE LA APARIENCIA

En este apartado, hemos conseguido estructurar y ordenar un gran bloque de contenidos y conocimientos relativos a la apariencia de los objetos y las escenas en las que se enmarcan. Para ello, hemos integrado todos estos contenidos desde diversos frentes epistemológicos.

Como base de estructuración hemos utilizado las secuencias del proceso perceptual establecido por Goldstein, estudiando los estímulos sensoriales desde el punto de vista físico, el proceso de captación desde la perspectiva fisiológica, la transducción y la creación de la imagen visual desde el punto de vista neurológico, las sensaciones visuales desde las diversas disciplinas como la psicológicas, la *Teoría de la Gestalt*, la teoría analítica, y las ciencias que estudian sus cualidades como la teoría del color. También, hemos estudiado la formación de percepciones, el procesamiento, el reconocimiento y la atención, tanto en los procesos *down-up*, como en los *up-down*, por lo que se han plasmado los conocimientos relativos a la memoria, categorización y creación de esquemas mentales visuales. Hemos incluido como se establecen las constancias y la perspectiva fenomenológica. Por último, hemos integrado la creación de símbolos y respuestas emocionales, con sus diversas interpretaciones filosóficas.

Como resultado más destacable, ofrecemos una propuesta de interacción del conocimiento, donde interpretamos que los diferentes bloques de contenidos relacionados con la apariencia están interaccionados y proponemos como se establecen estas interacciones.

8.2. RESULTADOS EN EL DESARROLLO Y ESTABLECIMIENTO DEL PESO VISUAL Y EL EQUILIBRIO

Este bloque lo hemos dividido en dos partes. Por un lado, el primero (6.1) relativo a las acciones sensoriales visuales y por otro, el segundo (6.2) relativo al peso visual y al equilibrio de la imagen.

Con el tema dedicado a las acciones sensoriales visual hemos propuesto una metodología psicofísica para establecer mediciones relativas de las sensaciones visuales. Esto nos permitirá establecer en qué medida actúa cada acción sensorial y como lo hace, por lo que nos permite compararlas y modificarlas en función de nuestras intenciones expresivas sensoriales.

De igual forma, hemos estructurado e identificado cada tipo de sensación y su acción consecuente. Hemos propuestos métodos para establecer sus efectos y los hemos descrito, con la intención de ser desarrollados y puestos en práctica en un futuro próximo.

En el tema principal de esta tesis que queda resumido en el artículo; *Study of balance of images using visual weight*³⁵⁵, hemos detallado y explicado detenidamente todas las características de la acción sensorial del peso visual y del equilibrio de la imagen en torno a la luminosidad que esta nos transmite.

Para ello, hemos mostrado una metodología de cálculo completa sobre representaciones de nuestra imagen visual, ya sea mediante cálculos manuales o digitales. Siendo, este segundo método el que proponemos para poner en práctica ante las posibles diferentes aplicaciones.

Para agilizar los cálculos digitales hemos desarrollado un software denominado *Pesovisual (PV)*, que obtiene el centro de gravedad de la imagen y su peso relativo de forma automática. Este software, además nos permite tratar, modificar y guardar los resultados obtenidos de las representaciones.

Como finalización de esta exposición, mostramos cómo el peso visual se puede configurar como una herramienta de gran utilidad en diversas disciplinas relacionadas con la composición visual, como la creación y análisis de la obra artística, el diseño gráfico, la publicidad, la fotografía o el cine.

8.3. RESULTADOS EN LA APLICACIÓN PRÁCTICA

El tercer bloque presenta una aplicación exhaustiva del peso visual y del equilibrio de la imagen, en torno a las imágenes de diferentes escenas y objetos arquitectónicos de la ciudad de Granada en la dimensión del tiempo.

La dimensión temporal hace que la imagen cambie y por lo tanto, la apariencia de los objetos que componen la escena debido a la variación de los diferentes aspectos visuales que actúan sobre la imagen.

Mediante el peso visual, hemos estudiado como actúan estos factores sobre la variabilidad de la imagen y la forma en la que lo hacen.

Por otro lado, también hemos llevado a la práctica las posibilidades del uso del peso visual, antes y durante el proceso creativo y de realización. De igual forma, mostramos su gran utilidad en el estudio y análisis de la futura variación de la escena, por incorporación o eliminación de elementos.

En el desarrollo de esta puesta en práctica, es decir en los puntos (7.2.3, 7.2.4 y 7.2.5) hemos reflejado los resultados concretos de cada análisis, mostrando los resultados precisos que hemos ido obteniendo de cada aspecto del peso visual.

³⁵⁵ PARADA CASTELLANO, Raúl. 2015. *Study of balance of images using visual weight*. (Color Research & Application. DOI: 10.1002/col.21943. Wiley Periodicals, Inc. Article first published online: 23 FEB 2015)

9. CONCLUSIONES

9.1. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN TORNO AL DESARROLLO DE LA TEORIA DE LA APARIENCIA

Como conclusión al desarrollo del bloque de contenidos estructurados en torno a la apariencia de la imagen visual, y que hemos denominado "la teoría de la apariencia". Pensamos que hemos desarrollado una fundamentación y estructura, que sirve como punto de partida y base para sustentar diversas investigaciones en torno a la imagen visual y su apariencia. No obstante, queda abierta a la admisión de las modelaciones que otros investigadores vayan incluyendo en un futuro.

La concepción del conocimiento complejo e interaccionado, nos permite establecer *links* o enlaces entre los diferentes bloques y contenidos, atendiendo a la concepción analítica de sistema (5.1.2.7). Esta forma de interacción de conocimiento nos permite concretar la información necesaria y enfocarnos hacia nuestro objetivo investigador siguiendo los enlaces pertinentes por la que esta nos guie.

9.2. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN TORNO AL DESARROLLO DEL PESO VISUAL Y EL EQUILIBRIO DE IMÁGENES

Como conclusión ante la propuesta de establecimiento de las diferentes acciones sensoriales visuales, hemos creado una plataforma base que establece los cimientos en los que sustentar estos estudios y análisis. Ahora hace falta ponerlos en práctica, lo que llevará a resultados sobre los que realizar un análisis crítico para su implementación y de sus posibilidades ante el análisis de la imagen visual.

Por otro lado, el método para calcular el peso visual junto con el software desarrollado se proponen como herramientas de gran utilidad en el análisis de equilibrio y composición de imágenes, al igual que también son de gran ayuda en el estudio de la variabilidad de la apariencia de la imagen en el transcurso del tiempo.

Su utilidad en diferentes disciplinas creativas se muestra como evidente. El peso visual se establece como una herramienta de gran apoyo ante el análisis de la composición visual y como instrumento valioso en la proyección creativa, independientemente de las diferentes intenciones compositivas de cada autor.

9.3. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN TORNO A LAS APLICACIONES PRÁCTICAS

Dado que no todos los objetos y composiciones visuales se muestran ante unas condiciones estables, de hecho, debemos reconocer que la muestra de obras de arte en museos y galerías en el cual las condiciones y los factores que actúan sobre la variabilidad están anulados, lo normal es que la apariencia de estos objetos y composiciones sea constantemente variable en el tiempo.

El peso visual se configura como una herramienta esencial para determinar en qué grado varia la apariencia de estos objetos y composiciones, y como cada factor influye en esta variación de apariencia. Dado que nuestros entornos urbanos

se muestran como composiciones visuales expuestas a gran cantidad de variaciones, el peso visual nos muestra y explica como lo hacen. Los resultados concretos, quedan mostrados uno a uno en los puntos (7.2.3, 7.2.4 y 7.2.5), mostrándonos de forma general a la luz como el factor que más variabilidad ofrece en la apariencia de estos, nos muestra también como lo hace y cómo podemos actuar para modificarla.

9.4. ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS FUTUROS Y DE NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

En torno a la teoría de la apariencia, nuestro objetivo futuro se plantea en torno a una apertura a investigadores de ámbitos del conocimiento específicos para que vayan aportando a la estructura base los diferentes contenidos concretos que cada uno domina en profundidad y de esta forma se vaya construyendo una teoría de la apariencia completa y compleja.

De igual forma, nos planteamos como objetivo cercano, establecer una conexión de contenidos en el bloque de *la teoría de la apariencia* propuesto mediante interacción digital, es decir pretendemos crear un documento digital que permita desplazarse por los diversos contenidos accediendo a los *hiperenlaces* establecidos en esta tesis y los que se vayan estableciendo en un futuro próximo.

En cuanto, a las acciones sensoriales nuestro objetivos futuros se plantean en torno a desarrollar softwares parecidos al del peso visual, pero que cada uno exprese unos resultados concretos en torno a las acciones que analizan. Por lo tanto, pretendemos desarrollar softwares que determinen la intensidad, la temperatura, la regularidad, la direccionalidad, la espacialidad y la acción del movimiento sobre diferentes representaciones de imágenes visuales.

En el mismo sentido, también planteamos como un objetivo próximo desarrollar un software que incluya todas estas acciones y muestre una acción global sobre la imagen. Este se desarrollará interpretando a cada acción sensorial como un vector, y determinará la forma en la interaccionan estas y calculará la acción resultante mediante cálculo matricial.

El desarrollo del peso visual nos conduce a nuevos retos en los cuales estamos trabajando actualmente. Primeramente, hemos propuesto para analizar como observadores sitúan el CG de imágenes abstractas y su relación con la segregación fondo-figura, para analizar si coinciden con los resultados del software. De la misma forma, vamos a desarrollar una investigación análoga al realizado por el equipo; McManus, Stover y Kim, en relación al estudio y comparación de fotografías establecidas como equilibradas y los resultados obtenidos por PV.

Por otro lado, actualmente estamos estudiando cómo el efecto *H-K* influye en el equilibrio del peso visual. Además, estamos trabajando en la detección de imágenes equilibradas en video digital, y el equilibrio y centrado automático de imágenes digitales complejas.

Para un futuro cercano, nos planteamos el desarrollo de una aplicación (*APP*) para móviles de última generación (*smartphones*) que nos indique el equilibrio de forma automática ante la realización de fotografías o videos.

En cuanto, al desarrollo futuro en el estudio de variabilidad nos proponemos ceder el software desarrollado para que sea utilizado en el análisis y estudio de diferentes imágenes de diferentes escenas de nuestros entornos cotidianos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- AGUAYO, F; LAMA, J.R. 1998. *Didáctica de la Tecnología*. (Sevilla: Ediciones Tebar)
- ALBERS, Josef. 1988. *La interacción del color*. (Madrid: Alianza Forma)
- ALONSO, J. I; ALONSO, A; BALMORI, A; CARAVALHO, J; Grupo GAPP. 1998. *Psicología*. (Madrid: Editorial Mc Graw Hill)
- ÁLVAREZ, G.L; SIQUEIROS, J.M. 2005. *¿Qué es la luz? : Historia de las teorías sobre la naturaleza de la Luz*. (Revista Universitaria- UABC No. 50, abril-junio 2005)
- APPLEYARD, Donald; LYNCH, Kevin; MYER, John R. 1964. *The View from the Road*. (Massachusetts: MIT Press)
- ARNHEIM, Rudolf. 2001. *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili- GG Reprint)
- ARNHEIM, Rudolf. 2007. *Arte y percepción visual*. (Madrid: Alianza Forma)
- ARNHEIM, Rudolf. 2009. *The Dynamics of Architectural Form*. (California: University of California Press; 30th Anniversary Edition edition)
- ARNHEIM, Rudolf. 2011. *El poder del centro*. Versión definitiva. (Móstoles-Madrid: Editorial Akal)
- ARTIGAS, J. M; CAPILLA, P; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Fundamentos de colorimetría*. (Valencia: Universitat de Valencia).
- ARTIGAS, J. M; CAPILLA, P; PUJOL, Jaume; Coords. 2002. *Tecnología del color*. (Valencia: Universitat de Valencia).
- ASENSIO CERVER, Francisco. 1995. *World of Environmental Design: Elements of Landscape*. (Barcelona: Francisco Asensio Cerver)
- AVIDAN, S; SHAMIR, A. 2007. *Seam Carving for Content-Aware Image Resizing*. (Mitsubishi Electric Research Labs / The interdisciplinary Center & MERL)
- AZNAR CASANOVA J. Antonio. 2014. *Psicología de la percepción visual*. (Barcelona: Ph DrVision & Control of Action (VISCA) groupDept. Psicologia Basica. Facultat de Psicologia.Universidad de Barcelona. <http://www.ub.edu/pa1/>)
- BAKER, Geoffrey. H.1994. *Le Corbusier: Análisis de la forma*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- BAKER, Geoffrey. H.1998. *Análisis de la forma. Urbanismo y arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- BARRUCAND, Marianne; BEDNORZ, Achim. 1992. *Arquitectura islámica en Andalucía* (Colonia: Benedikt Taschen Verlag GmbH)
- BENÉVOLO, Leonardo. 1981. *Diseño de la ciudad - 5. El arte y la ciudad contemporánea*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

- BENÉVOLO, Leonardo. 1996. *Historia de la arquitectura moderna*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- BERGER, John. 2007. *Modos de ver*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- BERNS, Roy. S. 2000. *Billmeyer and Satzman´s Principles of Color Technology* (Canada: John Wiley & Sons)
- BRAVO, Tomas. 2014. *La organización perceptual*. (UNED: Psicología General) Apuntes Capitulo IV
- BRIGGS, David. J.C. 2014. *Dimensions of colour* (Australia.Sydney: Julian Ashton Art School and National Art School, Chairperson, NSW Division, Colour Society of Australia. Website: <http://www.huevaluechroma.com/index.php>)
- BROOKER, Graeme; STONE; Sally .2010. *Elementos y objetos*. (Donostia- San Sebastián: Ediciones Nerea)
- BURGOS ROMAN, Juan de. 1989. *Curso de Algebra y Geometría* (Madrid: Editorial Alhambra)
- CAIVANO, José Luis. 2002. *Categorización lingüística y cognitiva en el dominio del color*. (Buenos Aires: Grupo Argentino del Color .2002. Editorial LA COLMENA. Actas del quinto Congreso Argentino del Color)
- CAIVANO, José Luis. 2007. *Simetrías en color y Cesía: Percepción de la composición espectral y la distribución espacial de la luz*. (Buenos Aires: Forma y Simetría: Arte y Ciencia. Congreso de Buenos Aires, 2007/ 2 - 4)
- CAIVANO, José Luis. 1991. *Cesía: A system of visual signs complementing color*. (Color Research and Application 16 (4), p. 258-268)
- CAIVANO, José Luis. 1994. *Towards an order system for visual texture*. (Argentina. Buenos Aires: and Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Reprinted from ELSEVIER. Languages of design 2 (1994) 59–84)
- CAIVANO, José Luis. 1995. *Guía para realizar, escribir y publicar trabajos de investigación*. (Argentina. Buenos Aires: Arquim, 1995)
- CAIVANO, José Luis. 1995. *Sistemas de orden del color*. (Argentina. Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires)
- CAIVANO, José Luis. 2004. *Armonías del color*. (Argentina: Grupo Argentino del Color)
- CAIVANO, José Luis. 2005. *Semiótica, cognición y comunicación visual: los signos básicos que construyen lo visible*. (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires y CONICET. Semiótica de lo visual. Tópicos del Seminario, 13)
- CAIVANO, José Luis. 2007. *Cesía: Its Relation to Color in Terms of the Trichromatic Theory* (Gottingen. Zurich: Die Farbe Zeitschrift Für Alle Zweige Der Farbenlehre Und Ihre Anwendung Organ Des Normenausschusses Farbe (Fnf Din)
- CAIVANO, José Luis. 2008. *Chromatic Synesthesias: Effects of Color on the Perception of Different Sensorial Continua*. (Association Internationale de la Couleur (AIC). Interim Meeting in Stockholm June 15-18, 2008)
- CAIVANO, José Luis. 2011. *Color and cesia: The interaction of light and color*, (AIC 2011 Interaction of Colour and Light, Proceedings of the Midterm Meeting of the International Color Association, ed. V. M. Schindler y S. Cuber, CD-ROM (Zurich: pro/colore, ISBN 978-3-033-02929-3), págs. 225-228)

- CANDELA, F; PEREZ, E; CALATRAVA, S, ESGRIG, F, PEREZ, J. 1993. *Arquitectura Transformable*. (Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla)
- CANTELI, J.A; CANTERO, J.L; MIGUÉLEZ, A; MUÑOZ, M.H; SOLDANI A. X. 2012. *Procesos de Fabricación*. (Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Asignatura: Sistemas de Producción y Fabricación. Apuntes. Tema 2)
- CARNICER, Artur; JUVELLS, Ignasi. 2003. *Apuntes de Óptica Física*. (Barcelona: Universitat de Barcelona. Departament de Física Aplicada i Òptica)
- CARPIO FONTICIELLA, Irisema .2006. Campo Visual. (Ciudad de la Habana: Editorial ciencias Médicas)
- CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2005. *José Jiménez Jimena Un reflejo del neoplasticismo en la Granada del XX*: (España: Revista EGA, Nº 10. 6. 2005)
- CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2006. *La unidad temática*. (Granada: Editorial Universidad de Granada)
- CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2007. *Apuntes de proyectividad y métrica en arquitectura*. (Granada: Universidad de Granada)
- CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2009. *Elementos de análisis arquitectónico*. (Granada: Copicentro Editorial /Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada)
- CETTO, Ana María. 1995. *La luz en la naturaleza y el laboratorio*. (México, D. F.: Fondo De Cultura Económica, S.A. DE C.V.)
- CHIN, Francis. D. K. 1985. *Arquitectura: forma, espacio y orden*. (México: Editorial Gustavo Gili)
- CIE 15. 2004. *Colorimetry*. (Vienna: CIE Central Bureau, 2004, 3rd edition, 2004)
- CIE 17.4 1987. *International Lighting Vocabulary* (4th ed. Joint Publication IEC /CIE)
- COIMBRA DE LIMA, Mariana .2011. *Gestalt aplicada a la arquitectura e iluminación*. (Luces CEI nº 44)
- COMITE ESPAÑOL DE COLOR. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ÓPTICA. 2002. *Vocabulario del Color*. (Website: www.sedoptica.es/SEDO/color/docs/.../vocabulario-del-color.pdf)
- CORBALAN, Fernando. 2010. *La proporción áurea*. (España: Ediciones RBA Coleccionables)
- CORDOBA GARCIA, Francisco. 2004. *El cuerpo humano*. (Universidad de Huelva: Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública) Documentación PDF.
- DHANJAL, Beryl. 2009. *Signos y símbolos*. (Madrid: Lisma Ediciones.S.L)
- DONDIS, Donis. A. 2006. *La sintaxis de la imagen*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- DROSTE, Magdalena; 1998. *Bauhaus 1919-1933*. (Germany: Benedikt Taschen)
- ECO, Umberto. 1988. *Cómo se hace una tesis*. (Barcelona: Gedisa)
- ERNST, Bruno. 2006. *Mundos imposibles*. (The Netherland: TASCHEN GmbH)
- FELDMAN, Simón. 1995. *La composición de la imagen en movimiento*. (Barcelona: Editorial Gedisa)

- FERNÁNDEZ DIEZ, F; MARTINEZ ABADÍA, J. 1999. *Manual básico del lenguaje audiovisual*. (Barcelona: Ediciones Paidós; Paidós Papeles de Comunicación 22)
- FERNÁNDEZ, Gabriel. 2014. *Online art magazine*. (Theartwolf.com .http://www.theartwolf.com/index_es.htm)
- FIDALGO, J.M; FERNANDEZ, M.R; FERNANDEZ, N. 2008. *Tecnología Industrial I*. (León: Editorial Everest)
- FIDALGO, J.M; FERNANDEZ, M.R; FERNANDEZ, N. 2008. *Tecnología Industrial II*. (León: Editorial Everest)
- FONTES, S; FONTES, A. I. 1994. *Consideraciones Teóricas sobre las leyes Psicofísicas*. (España: Revista de Psicología General y Aplicada, 1994, 47(4), 391-395)
- FRAMPTON, Kenneth. 1994. *Historia crítica de la arquitectura moderna*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- FRUTIGER, Adrián. 2005. *Signos, Símbolos, Marcas y Señales*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)
- GAC Revista. Año 7 - Nº 1 9 Abril)
- GALLEGO Y BURÍN, Antonio. 1996. *Granada. Guía artística e histórica de la ciudad*. (Granada. Editorial Comares)
- GARCÍA GIL, F; PEÑA MÉNDEZ, M; DIAZ BUCERO, JESUS; ROMERO TORRES, J; LERMA PELAEZ, J.G; (G.I). 2000. *Impresiones Lumínicas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística)
- GARCÍA GIL, Fernanda; PEÑA MÉNDEZ, Miguel (Coordinadores del G.I). 2002. *Trato de la Luz con la Materia*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística)
- GARCÍA GIL, Fernanda; PEÑA MÉNDEZ, Miguel (Coordinadores del G.I). 2003. *Escenografía y Artes Plásticas*. (Granada: G.I. HUM 480- Constitución e Interpretación de la imagen artística)
- GARCÍA GIL, Fernanda; PEÑA MÉNDEZ, Miguel (Coordinadores). 2006. *Imagen/Imaginario Interdisciplinariedad de la imagen artística*. (Granada: Editorial Universidad de Granada)
- GARCÍA GUTIÉRREZ, José María .1996. *Psicología*. (Madrid: Ediciones Laberinto)
- GARCIA ROIG, José Manuel. 1988. *Elementos de análisis arquitectónicos*. (Valladolid: Universidad de Valladolid. Caja de Ahorros y M.P. de Salamanca)
- GHYKA, Matila. C. 1983. *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. (Barcelona: Editorial Poseidon)
- GIEDION, Sigfried. 2009. *Espacio, tiempo y arquitectura*. (Barcelona. Editorial Reverté)
- GILA, L; VILLANUEVA, A; CABEZA. R. 2009. *Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares*. (An. Sist. Sanit. Navar. 2009, Vol. 32, Suplemento 3) Pág.9-26
- GOKALP, Demir; AKSOY, Selim. 2007. *Scene Classification Using Bag-of-Regions Representation* (Turkey, Ankara: Department of Computer Engineering. Bilkent University)
- GOLDSTEIN, Bruce E. 2006. *Sensación y percepción*. (Madrid: Editorial Paraninfo)
- GOMBRICH, E.H. 2003. *La historia del arte*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate)
- GOMBRICH, E.H. 2004. *El sentido del orden*. (Reino Unido: Random House Mondadori / Barcelona. Editorial Debate)

- GÓMEZ-BLANCO PONTES, ANTONIO. 2002. *Un Análisis sistémico de la imagen fotográfica de arquitectura*. (Granada. Universidad de Granada) Tesis Doctoral.
- GORCHACOV. G. I. 1984. *Materiales de construcción*. (Moscú: Editorial MIR)
- GRAHAM, Dan. 2009. *El arte con relación a la arquitectura. La arquitectura con relación al arte*. (Barcelona: Ed. GGmínima)
- GRAMÓN, Rubén Alberto. 1992. *El color y los otros aspectos visuales: color y forma*. (Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Universidad de Buenos Aires. Argencolor, Primer Congreso Argentino del Color)
- GRIMLEY, Chris; LOVE Mimi. 2007. *Color, Espacio y Estilo*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- GROUPE μ . 1993. *Tratado del signo visual*. (Fuenlabrada- Madrid: Ediciones Catedra)
- GUERRI, Claudio. 1994. *La estructura espacial del cuadro: una lectura semiótica de Las Meninas*. (D' Art: Revista del Departament d'Historia de l'Arte, ISSN 0211-0768, N° 20, Ejemplar dedicado a: Perspectiva i espai figuratiu, págs. 155-166)
- GUERRI, Claudio. 2001. *Lenguajes, Diseño y Arquitectura*. (CUADERNOS N° 17, pág. 211-250. Jujuy: UNJ.)
- GUERRI, Claudio. 2002. *Forma, Multidisciplina y Transformación*. (Argentina: SEMA Seminario de Primavera 2002)
- GUERRI, Claudio F. 2011. *Lenguaje Gráfico TDE. Más allá de la perspectiva*. (Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires)
- HELLER, Eva. 2009. *Psicología del color*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)
- INDALUX. 2002. *Manual de luminotecnica*. (Catálogos de Indalux. Iluminación Técnica, S.L. – INDALUX.http://www.construmatica.com/empresa/industrias_derivadas_del_aluminio_sa_indalux/catalogos)
- ITTEN, Johannes. 1961. *Kunst der Farbe* (Ravensburg, Alemania: Otto Maier Verlag). Versión inglesa condensada por Ernst van Hagen, *The elements of color*, ed. F. Birren (Nueva York: Van NostrandReinhold, 1970)
- IVORRA CASTILLO, Carlos. 2014. *Geometría*. (VALENCIA: Universidad de Valencia: Departamento de Matemáticas para la Economía y la Empresa. Facultad de Economía) Libro digital.
- JANNELLO, César V. 1961. *Texture as a visual phenomenon*. (London: Architectural Design 33 (8)) Pág.394-396
- JANNELLO, César V. 1977. *Para una poética de la prefiguración*. (SUMMARIOS 9/10, 24-28. Buenos Aires. 1980 Diseño, lenguaje y arquitectura. Buenos Aires: FADU-UBA, Textos de Cátedra)
- JANNELLO, César V. 1988. *Fondements pour une semiotique scientifique de la conformation delimitante des objets du monde naturel*. (Semiotic Theory and Practice, Proceedings of the III Congress of the IASSAIS, Palermo 1984, M. Herzfeld and L. Melazzo (eds.), 483-496. Berlín: Mouton de Gruyter.)
- JARAMILLO, Jorge. 2014. *El clima. El Soleamiento*. (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: editorial.cda.ulpgc.es). Apuntes.
- JARDÍ, Enric. 2012. *Pensar con imágenes*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

- JEREZ MIR, Carlos. 1996. *Guía de Arquitectura de Granada*. (Granada: Junta de Andalucía. Consejería de Cultura)
- KANDINSKY, Vasili Vasilievich. 1994. *Punto y línea sobre el plano*. (Barcelona: Editorial Labor)
- KANDINSKY, Vasili Vasilievich. 1995. *De lo espiritual en el arte*. (Barcelona: Editorial Labor)
- KOFFKA, Kurt, 1935. *Principles of Gestalt Psychology*. (Oxon: Routledge)
- KOFFKA, Kurt. 2013. *An Introduction to de Gestalt Theory: A classic article in the history of psychology*. (David webb BSc (hons), MSc: Free Psychology Books Initiative)
- KOHLER, Wolfgang. 1947. *Gestalt Psychology* (New York: Liverright Publishing Corporation)
- KOHLER, Wolfgang. 1972. *Psicología de la forma*. (Madrid: Biblioteca Nueva)
- KONYA, Allan. 1981. *Diseño en climas cálidos*. (Madrid: Blume Ediciones)
- KUBOVY, Michael and VAN DEN BERG, Martin .2008. *The Whole Is Equal to the Sum of Its Parts: A Probabilistic Model of Grouping by Proximity and Similarity in Regular Patterns*. (Psychological Review, Vol. 115, No. 1, 131–154)
- LAFFAGA, J; OLIVARES, M. 1995. *Materiales de Construcción*. (Sevilla: Editan)
- LASHERAS, J.M; CARRASQUILLA, J.F. 1991. *Ciencia de materiales*. (San Sebastián: Editorial Donostiarra)
- LEATHERBARROW, David; MOSTAFAVI Mohsen. 2007. *La superficie de la arquitectura*. (Madrid: Ediciones Akal)
- LYNCH, Kevin. 1998. *La imagen de la ciudad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- LYNCH, Kevin. 2005. *Echar a perder. Un análisis del deterioro*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)
- MAGARIÑOS DE MORENTIN, Juan. 2008. *La semiótica de los bordes: apuntes de metodología semiótica*. (Argentina: Comunicarte Editorial)
- MAGARIÑOS DE MORENTÍN, Juan .2008. *La semiótica de los bordes*. (Comunic-Arte. Cba)
- MALAGAMBA, Duccio. 2001. *Álvaro Siza*, (Barcelona: pr0yecto editorial-LOFT publications)
- MALDONADO, Tomás. 1994. *Lo real y lo virtual*. (Barcelona: Editorial Gedisa)
- MANZINI, Ezio. 1993. *La materia de la invención*. (Barcelona: Grupo Editorial CEAC, Perú)
- MARTI, Cat. 2008. *Guía de texturas para superficies, muebles y acabados*. (Barcelona: Ed. Blume).
- Mc CLUSKEY, Jim. 1990. *Parking: Manual de diseño ambiental*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- MCCANDLESS, David. 2010. *La información es bella*. (Barcelona: Ed. RBA Libros - Harper Collins Pu
- MCMANUS, I.C; STOVER Katharina; KIM Do. 2011. *Arnheim's Gestalt theory of visual balance: Examining the compositional structure of art photographs and abstract images* (i-Perception (2011) volume 2, pages 615 – 647)
- MERLEAU-PONTY, Maurice. 1994. *Fenomenología de la percepción*. (Barcelona: Planeta de Agostini)

- MEZA, Jhonathan; MUÑOZ, Nicolás .2011. *Scattering*. (Venezuela. Caracas: Universidad Simón Bolívar. Ingeniería de Computación: Informe: 4 pag)
- MILICICH, Victoria. 2011. *La perspectiva*. (Taller Villalba: Introducción a la Arquitectura). Compilación.
- MILLAIS, Malcom. 1997. *Estructuras de edificación*. (Madrid: Celeste Ediciones)
- MILLER, George. A. 1974. *Introducción a la Psicología*. (Madrid: Alianza Editorial)
- MONTALVO ARENAS, César Eduardo. 2010. *Óptica*. (Mexico: Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. Apuntes)
- MONTANER, Josep María. 1992. *Después del movimiento moderno*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- MONTORO, Jorge (Coord). 2001. *Velazquez: el pintor de la luz*. (Madrid: editorial LIBSA)
- MORIN, Edgar. 2004. *La epistemología de la complejidad*. (Gazeta de Antropología, 20, artículo 02 . <http://hdl.handle.net/10481/7253>. Pags 43-77 de L'intelligence de la complexité, editado por L'Harmattan, París, 1999. Trad: José Luis Solana Ruiz)
- MUNARI, Bruno. 1983. *¿Cómo nacen los objetos?* (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- NAN, L; SHARF, A; XIE, K; WONG, T; DEUSSEN, C; CHEN, B. 2011. *Conjoining Gestalt Rules for Abstraction of Architectural Drawings*. (SIGGRAPH Asia Conference. Article N°.185)
- NAYATANI, YOSHINOBU. 1997. *Simple estimation methods for the Helmholtz—Kohlrausch effect*. (Color Research & Application. Volume 22, Issue 6, pages 385–401)
- NIEVES, J.M. 2011. *El misterio de la bombilla encendida desde 110*. (ABC: ES CIENCIA. <http://www.abc.es/20110623/ciencia/abci-misterio-bombilla-encendida-desde-201106231033.html>). Artículo.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. 2001. *Intenciones en arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- NORMAN, Donald. A. 2007. *El diseño emocional*. (Barcelona. Paidós Transiciones)
- O'DONELL, B. M; SANDOVAL, J; PAUKSTE, F. 2006. *Fuentes Luminosas*. (Buenos Aires: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N.: Manual de Iluminación Eficiente. Cap.4)
- OLGYAY, Víctor. 2002. *Arquitectura y Clima*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- ORTIZ ZAMORA, Francisco Gabriel. 2002. *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. (Alicante: Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Tesis Doctoral)
- PALAU I FABRE, Josep. 1981. *Picasso*. (Barcelona: Edicioness Póligrafa)
- PARADA CASTELLANO, Raúl. 2009. *La percepción de la arquitectura*. (Granada: Dpto. de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Tesina: Dir: Casado de Amezúa Vázquez, J. 2008/2009)

PARADA CASTELLANO, Raúl. 2011. *Los signos visuales en la categorización de elementos arquitectónicos*. (Argentina. Santa Fe: Congreso forma&Lenguaje)

PARADA CASTELLANO, Raúl. 2013. *Como funciona PV* (Youtube; <https://www.youtube.com/watch?v=X7yh67O4CqQ>)

PARADA CASTELLANO, Raúl. 2015. *Study of balance of images using visual weight*. (Color Research & Application. DOI: 10.1002/col.21943. Wiley Periodicals, Inc. Article first published online: 23 FEB 2015)

PARADA CASTELLANO, Raúl; CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2013. *The visual weight* (UK. Newcastle/Gateshead: AIC2013. Poster)

PARADA CASTELLANO, Raúl; CASADO DE AMEZÚA VÁZQUEZ, Joaquín. 2013. *El peso visual PV y su correlación con la teoría del peso visual en el arte: Rudolf Arnheim*. (Valencia: X Congreso Nacional de Color. Comunicación)

PAWAN, M; KOLLER, D. 2010. *Efficiently Selecting Regions for Scene Understanding*. (Standford: Computer Science Department Standford University)

PERALES, F; ABÁSULO. M; SANSÓ, R. 2004. *Introducción a la estereoscopia*. (TUCCIA: Unitat de Grafics i Visio.Dep. Matemàtiques e Informàtica, UIB)

PIAGET, Jean. 1995. *Seis estudios de psicología*. (Colombia: Editorial Labor, S.A)

PIND Jörgen L. 2012. *Figure and ground at 100*. (Iceland: School of Health Sciences, University of Iceland read discuss contribute at www.thepsychologist.org.uk)

PINILLOS, José Luis. 1975. *Principios de psicología*. (Madrid: Alianza Universidad)

POPPER, Karl. R. 1980. *La lógica de la investigación científica*. (Madrid: Editorial Tecnos)

POYNTON, Charles; FUNT, Brian. 2014. *Perceptual Uniformity in Digital Image Representation and Display*. (Volume 39, Color Research & Application, Number 1, February 2014)

QUARONI, Ludovico. 1987. *Proyectar un edificio. Ocho lecciones de arquitectura*. (Madrid: Xarait Ángel Sánchez Gijón (trad.) Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura, Milán: Gabriele Mazzotta (ed.), 1977)

RAE. 2001. *Diccionario de la lengua española*. (España, Madrid: Real Academia Española.22.a ed.)

RAFAEL RÁFOL, ANTONI COLOMER. 2005. *Diseño Audiovisual*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

RASMUSSEN, Steen Elier. 2007. *La experiencia de la arquitectura*. (Barcelona. Editorial Reverté)

RODRÍGUEZ, D; CAMPILLO, J; PÉREZ, J. 2004. *Radiosidad: Gráficos y Visualización 3D*. (Madrid: Universidad Rey Juan Carlos. E.S.C.E.T. Apuntes curso 2003/2004)

ROSS, Denman. W. 1933. *A theory of pure design*. (New York. 1933).

ROSSI, Aldo. 1999. *La arquitectura de la ciudad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)

- ROWE, Colin, KOETTER, Fred. 1981. *Ciudad Collage*. (Barcelona; Editorial Gustavo Gili)
- RUDOLPH, Arnheim. (2001). *La forma visual de la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- SANZ, Juan Carlos. 1993. *El libro del color*. (Madrid: Alianza Editorial- Arte)
- SCANDINAVIAN COLOUR INSTITUTE. 1996. *NCS. Lightness Meter*. (Stockholm, Sweden: Scandinavian Colour Institute)
- SOLÁ-MORALES i RUBIÓ, Manuel de. 1997. *Las formas de crecimiento urbano*. (Barcelona: Edicions UPC)
- TABAU, Natalia. 2009. *Guía de arquitectura insólita*. (Barcelona: Alba Editorial)
- TANIZAKI, Junichiro. 2015. *El elogio de la sombra*. (España: Biblioteca de ensayo. SIRUELA)
- TORNQUIST, Jorrit. 2008. *Color y luz. Teoría y práctica*. (Barcelona. Editorial Gustavo Gili)
- VALBERG, Arne. 2005. *Light Vision Color*. (England; John Wiley & Sons Ltd)
- VALERA, Sergi. 2009. *Psicología ambiental*. (Barcelona: Universitat de Barcelona)
- VENTURI, Robert. 1999. *Complejidad y contradicción en la arquitectura*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- VIZMANOS, J.R; ANZOLA, M; PRIMO, A. 1981. *Funciones 2* (Madrid: ediciones SM)
- VIZMANOS, J.R; ANZOLA, M; PRIMO, A. 1981. *Funciones 3* (Madrid: ediciones SM)
- WATT, A. 1989. *Fundamentals of Three-Dimensional Computer Graphics* (Reading, MA, Addison-Wesley, 1989)
- WEISSKOPF, Víctor F. 1968. *Como interactúa la luz con la materia*. (Scientific American Sept. 1968. Trad. Jaime Karles G.)
- WHELAM, Bride. M. 1994. *La armonía del color- Nuevas tendencias. Guía para la combinación creativa de colores*. (Massachusetts: Rockport Publishers)
- WIENSWSKI, I. (2009). *¿Cuánto hace que experimentaste algo por primera vez?* (Alemania. Expolab GmH)
- WITTGENSTEIN, Ludwig.1994. *Observaciones sobre colores*. (Barcelona: Editorial Paidós Estética).
- WONG, Wucius. 1995. *Fundamentos de diseño*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- WONG, Wucius.1988. *Principios del diseño en color*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili)
- ZEVI, Bruno. 1963. *Saber ver la arquitectura*. (Buenos Aires: Editorial Poseidón)
- ZOLLNER, Frank. 2003. *Leonardo da Vinci*. (Germany: Benedikt Taschen)

