

Carmelo José Jaén Díaz

**Desarrollo de un sistema
aeronáutico para fomentar el
proceso de enseñanza-aprendizaje
en el ámbito educativo**



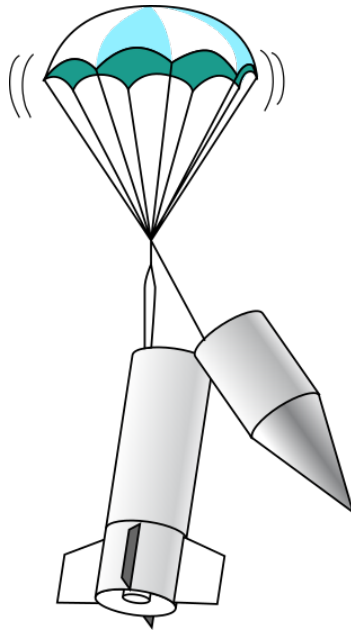
TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESORADO DE
EDUCACION SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO,
FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

Directores

María Isabel García Arenas

Andrés Roldán Aranda

Granada, Junio de 2020



**Desarrollo de un sistema
aeronáutico para fomentar el
proceso de enseñanza-aprendizaje
en el ámbito educativo**

Autor

Carmelo José Jaén Díaz

Directores

María Isabel García Arenas

Andrés Roldán Aranda

Resumen

En este trabajo fin de grado se pretende realizar un sistema para la monitorización y el control de la calidad del agua en medios acuáticos, tales como, piscinas, acuarios, embalses, ...

El proyecto se compone de 2 sistemas bien diferenciados, el primero, un sistema de monitorización, que hará uso de un Arduino Mega 2560 y diversos sensores que controlan los factores críticos propios del mantenimiento de la calidad del agua (pH, turbidez, cloro, temperatura, ...) y el segundo, un sistema dispensador, que realiza la acción acorde a los datos captados por los sensores, es decir, si se detecta que el nivel de algún factor no es el adecuado mediante un sistema de bombeo, este se corrige añadiendo al vaso de agua el químico corrector acorde.

El sistema envía los datos mediante GPRS, a un portal web desarrollado con el fin de visualizarlos en tiempo real. De esta manera, el usuario final conoce en todo momento la medida de los distintos factores, así como, las acciones correctoras realizadas.

Adicionalmente, el sistema hace uso de una pantalla LCD para mostrar que tarea está realizando en cada momento.

Palabras clave: Calidad del agua, pH, cloro, turbidez, temperatura, hardware, ingeniería inversa, sensores, monitorización, Arduino, firmware, GPRS, GSM.

Abstract

In this final degree project a Monitoring and Control System for aquatic media, such as pools, aquariums and reservoirs, based on Arduino Mega 2560 will be developed.

The project has 2 differentiated systems, one, a monitoring system, manages the critical factors of water quality maintenance (pH, turbidity, chlorine, temperature, ...) and the other, a dispenser system, that takes the action in accordance with the data obtained from the sensors, i.e, if the level of any factor is wrong, a pumping system add to the aquatic media, the corrective chemical.

The system send the data via GPRS, to a website developed to visualize the data in real time. So, final users know at any time, the value of the different factors, such as, the corrective actions that have been taken.

Additionally, a LCD display shows which task the system is performing.

Keywords: Water quality, pH, chlorine, turbidity, temperature, hardware, reverse engineering, sensors, monitoring, Arduino, firmware, GPRS, GSM.

Yo, **Carmelo José Jaén Díaz**, alumno de la titulación MÁSTER UNIVERSITARIO DE FORMACIÓN DE PROFESORADO DE ENSEÑANZA SECUNDARIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS, de la **Escuela Internacional de Posgrado de la Universidad de Granada**, con DNI 23834071-E, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Máster en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Fdo: Carmelo José Jaén Díaz

Granada a 4 de Junio de 2020.

Dña. **María Isabel García Arenas**, Profesora del Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada.

Don **Andrés Roldán Aranda**, Profesor del Área de Electrónica y Tecnología de Computadores del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada.

Informan:

Que el presente trabajo, titulado **Desarrollo de un sistema aeronáutico para fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito educativo**, ha sido realizado bajo su supervisión por **Carmelo José Jaén Díaz**, y autorizan la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expiden y firman el presente informe en Granada a 4 de Junio de 2020.

Los directores:

María Isabel García Arenas

Andrés Roldán Aranda



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



/ UGR /maes
MÁSTER EN PROFESORADO
ESO – BACHILLERATO – FP – IDIOMAS

Declaración de originalidad del TFM

Don **Carmelo José Jaén Díaz**, con DNI (NIE o pasaporte) 23834071-E, declaro que el presente **Trabajo de Fin de Máster es original**, no habiéndose utilizado fuentes sin ser citadas debidamente. De no cumplir con este compromiso, soy consciente de que, de acuerdo con la Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada de 20 de mayo de 2013, *esto conllevará automáticamente la calificación numérica de cero [...] independientemente del resto de las calificaciones que el estudiante hubiera obtenido. Esta consecuencia debe entenderse sin perjuicio de las responsabilidades disciplinarias en las que pudieran incurrir los estudiantes que plagien.*

Y para que así conste firmo el presente documento.

En Granada a 4 de Junio de 2020.

Carmelo José Jaén Díaz

*A mi familia, amigos y todas aquellas personas que han contribuido
para que llegase hasta aquí.*

Índice general

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 14 |
| 1.1. Introducción | 14 |
| 1.2. Motivación | 18 |
| 1.3. Finalidad | 20 |
| 2. Estado del arte | 22 |
| 2.1. Introducción al modelismo espacial | 23 |
| 2.2. Modelismo espacial en el ámbito educativo | 24 |
| 2.3. Fundamentación teórica | 26 |
| 2.3.1. Leyes de Newton | 27 |
| 2.3.2. Ley de conservación del <i>momentum</i> | 29 |
| 2.3.3. Aerodinámica | 31 |
| 2.3.4. Movimiento parabólico | 32 |
| 2.3.5. Movimiento en caída libre y descenso con paracaídas | 35 |
| 2.3.6. Partes de un modelo espacial | 38 |
| 3. Marco curricular | 43 |
| 3.1. Introducción | 43 |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| 3.2. Contextualización | 44 |
| 3.2.1. Contexto donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje | 44 |
| 3.2.2. Características de tecnología | 47 |
| 3.2.3. Prioridades | 47 |
| 3.3. Competencias | 47 |
| 3.3.1. Competencias adquiridas de manera directa | 47 |
| 3.3.2. Competencias adquiridas de manera transversal mediante la socialización en grupo y realización de las actividades y retos propuestos | 48 |
| 3.4. Objetivos | 48 |
| 3.4.1. Objetivos generales | 49 |
| 3.4.2. Objetivos específicos | 50 |
| 3.4.3. Objetivos didácticos | 53 |
| 3.5. Contenidos | 53 |
| 3.6. Atención a la diversidad | 56 |
| 3.7. Tratamiento de temas transversales | 56 |
| 4. Elementos curriculares. Metodología. | 58 |
| 4.1. Filosofía de la didáctica | 58 |
| 4.2. Modelo didáctico | 58 |
| 4.2.1. Aprendizaje cooperativo | 59 |
| 4.2.2. Aprendizaje orientado a proyectos | 59 |
| 4.2.3. Aprendizaje basado en problemas | 59 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.2.4. Gamificación | 59 |
| 4.3. Recursos y materiales | 60 |
| 4.4. Actividades | 63 |
| 4.5. Secuenciación | 63 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| 1.1. Ejemplos de recursos TIC para el ámbito educativo | 15 |
| 1.2. Diagrama del proyecto | 16 |
| 1.3. Prototipo de cohete propulsado por agua y aire comprimido | 17 |
| 1.4. Fases del desarrollo de un producto tecnológico | 19 |
| 1.5. Esquema de la economía circular | 20 |
| 2.1. Integrantes de una agrupación de modelismo espacial | 23 |
| 2.2. Jordi Roura Font recoge el diploma al modelismo aeroespacial español | 24 |
| 2.3. Imágenes de la <i>Water Rocket Challenge</i> inglesa | 25 |
| 2.4. Cohetes inventados por Hayashi e Iida | 25 |
| 2.5. Fuerzas intervinientes en el vuelo de un cohete | 28 |
| 2.6. Principio de acción y reacción aplicado a un modelo espacial | 29 |
| 2.7. Ley de conservación del <i>momentum</i> aplicado a un modelo espacial | 30 |
| 2.8. Aerodinámica del modelismo espacial | 32 |
| 2.9. Expresión que describe la posición de un movimiento parabólico en función del tiempo | 34 |
| 2.10. Distintas formas de aleta | 40 |

| | |
|--|----|
| 2.11. Descripción del perfil aerodinámico de una aleta | 40 |
| 2.12. Fases ocurridas durante el vuelo del modelismo espacial | 41 |
| 3.1. Logos de ambas organizaciones | 45 |
| 3.2. Integrantes del proyecto realizado | 45 |
| 3.3. Reconocimiento de la UGR por el proyecto realizado | 46 |
| 4.1. Comparación de botellas de PET | 60 |
| 4.2. Filamento PLA para impresión 3D | 61 |
| 4.3. Plastilina | 61 |
| 4.4. Materiales para la construcción del paracaídas | 62 |
| 4.5. Materiales para la construcción de la plataforma de lanzamiento | 62 |
| 4.6. Materiales para la construcción del sistema de propulsión | 63 |
| 4.7. Diagrama de Gantt del proyecto | 64 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| 2.1. Coeficientes de arrastre para distintos tipos de paracaídas | 37 |
| 2.2. Relación entre el perfil y la resistencia aerodinámica | 38 |
| 2.3. Relación entre la forma y el coeficiente de resistencia bajo el supuesto de fricción nula | 39 |

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) cada vez están más presentes en nuestro día a día, en todos los ámbitos que nos rodean y su impacto en nuestra vida cotidiana ha permitido que muchas actividades como la economía, la salud, la gestión de infraestructuras, ... sigan evolucionando a un ritmo descomunal. [1]

La educación ha sido otra de las grandes beneficiadas por el desarrollo de estas tecnologías. Tal y como apuntan Huertas Montes y Pantoja Vallejo [2], al aplicar las TIC en la enseñanza de asignaturas como Tecnología, se experimenta una mejora en la adquisición de conocimientos por parte del alumnado favoreciendo su rendimiento escolar. Adicionalmente, a partir de los datos reflejados en su estudio también se puede afirmar que gracias al uso de dichas tecnologías, el estudiantado manifiesta mayor interés por aprender la materia así como tiende a desanimarse menos cuando tiene muchos estímulos de los que atender.

1.1. INTRODUCCIÓN



Figura 1.1: Ejemplos de recursos TIC para el ámbito educativo
Figura obtenida en: AulaPlaneta.com, <https://www.aulaplaneta.com/>

Atendiendo a los datos recogidos por el centro educativo CEU San Pablo Montepríncipe [3], las competencias transversales resultan esenciales en una educación integral orientada a formar a la ciudadanía del futuro. Estas competencias responden a preocupaciones sociales y medioambientales, como la salud, el consumo, el reciclaje o la integración social contribuyendo así en una educación en valores.

Siguiendo esta línea de implementación de las TIC en el aula, expuestos los grandes beneficios y resultados obtenidos, surge la idea de desarrollar un proyecto educativo en el que además se aplique la transversalidad con otras materias, optimizando así el proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta idea, nace la creación de este proyecto.

El presente proyecto consiste en la fabricación de un sistema aeronáutico compuesto por un cohete y un paracaídas que integra un sistema de monitorización con el fin de medir la temperatura y altura alcanzada por el cohete. La elaboración del mismo constituye la metodología conocida como aprendizaje basado en proyectos, en adelante, ABP, la cual trataremos en 1.2.

1.1. INTRODUCCIÓN

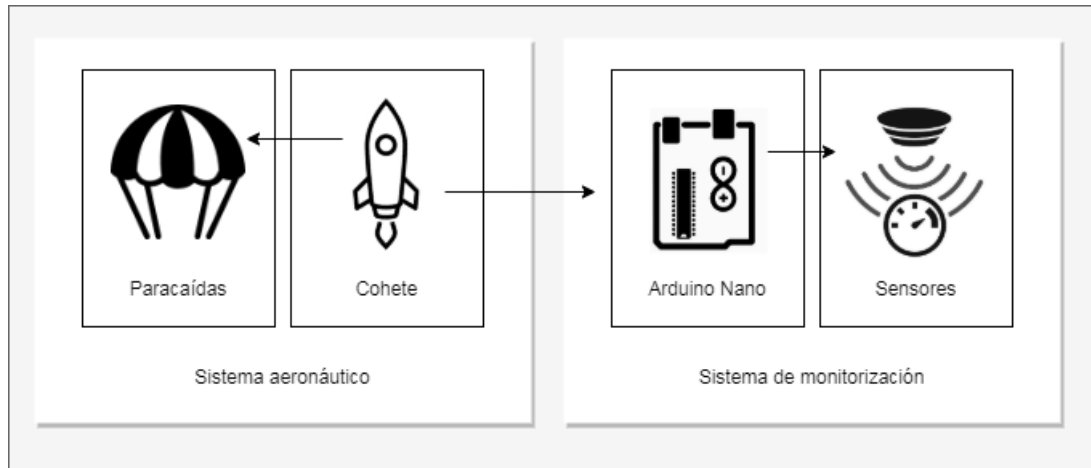


Figura 1.2: Diagrama del proyecto

Figura creada en: Draw.io, <https://www.draw.io/>

Como se puede observar en la figura 1.2, el proyecto consta de dos sistemas bien diferenciados, el primero, un sistema aeronáutico, formado por un cohete y un paracaídas fabricado con materiales reciclados y el segundo, un sistema de monitorización, que hará uso de un Arduino Nano y un sensor de presión barométrica y temperatura, cuya función será la de captar los valores de las magnitudes a obtener mediante telemetría.

1.1. INTRODUCCIÓN

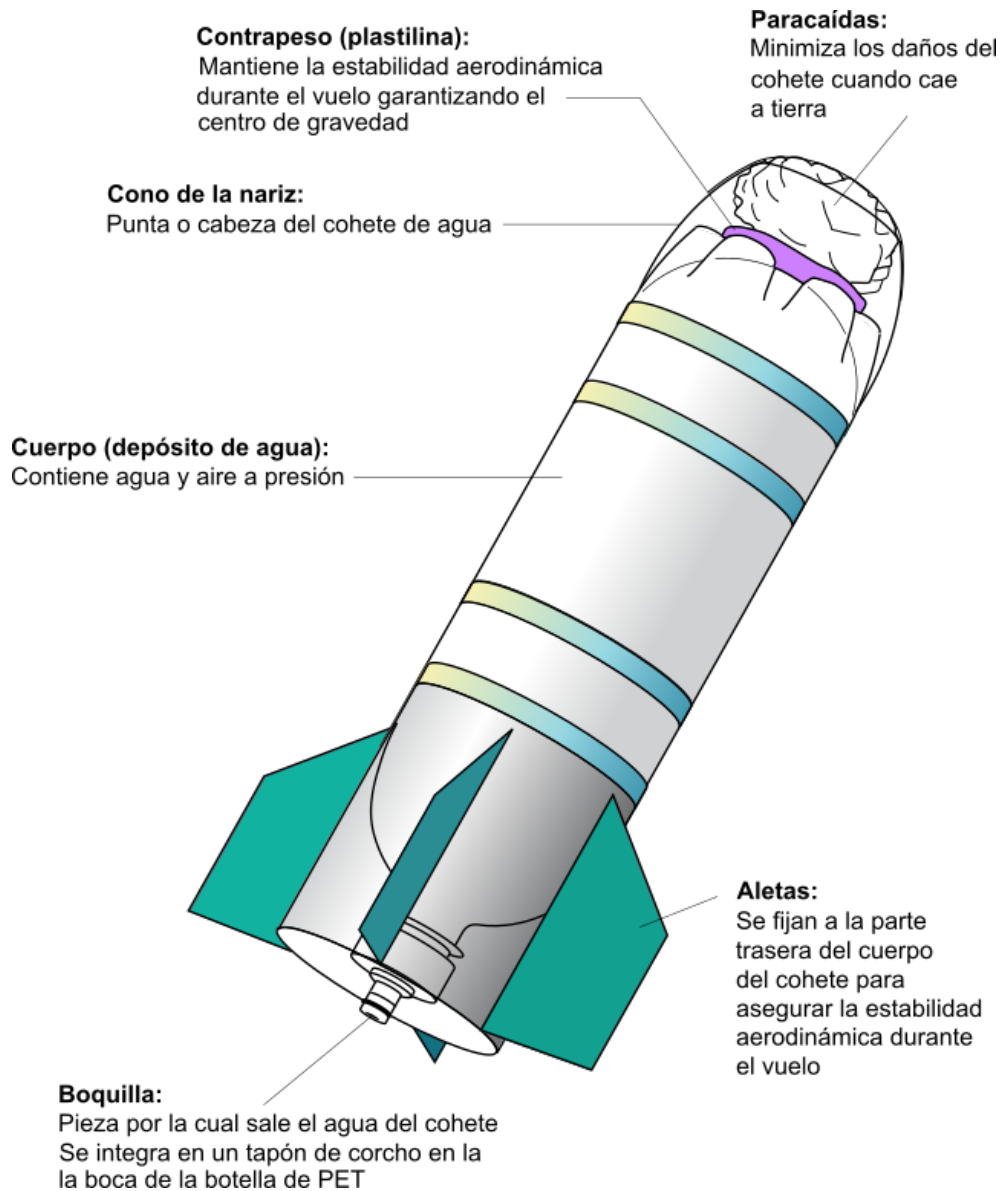


Figura 1.3: Prototipo de cohete propulsado por agua y aire comprimido

Figura creada en: [Inkscape.org](https://inkscape.org/es/), <https://inkscape.org/es/>

La totalidad del proyecto se ha desarrollado usando *software* de código abierto:

- El entorno de programación de **Arduino** para el desarrollo del código.
- **Fritzing** [4], para el diseño de los *pinout* o esquemas de pines.
- **Ultimaker Cura** [5], para la impresión 3D.
- **TinkerCAD** [6], para la simulación del comportamiento de circuitos electrónicos.

1.2. MOTIVACIÓN

a excepción de **SolidWorks** [7], utilizado en el diseño mecánico de piezas 3D.

1.2. Motivación

Las tecnologías de la información y la comunicación ofrecen nuevas oportunidades para el aprendizaje en una sociedad cada vez más conectada, en la cual aprender a trabajar con otros y colaborar se convierte en una competencia trascendental.

La realización del proyecto ofrece una amplia diversidad de retos y oportunidades para el desarrollo del alumnado que sigue una trayectoria científica durante su etapa educativa.

En primer lugar, mediante la elaboración del proyecto en sí, pasando por todas sus fases (estudio, diseño, implementación, rediseño, ...) se obtiene una visión general del proceso a seguir para el desarrollo de un producto tecnológico.

1.2. MOTIVACIÓN

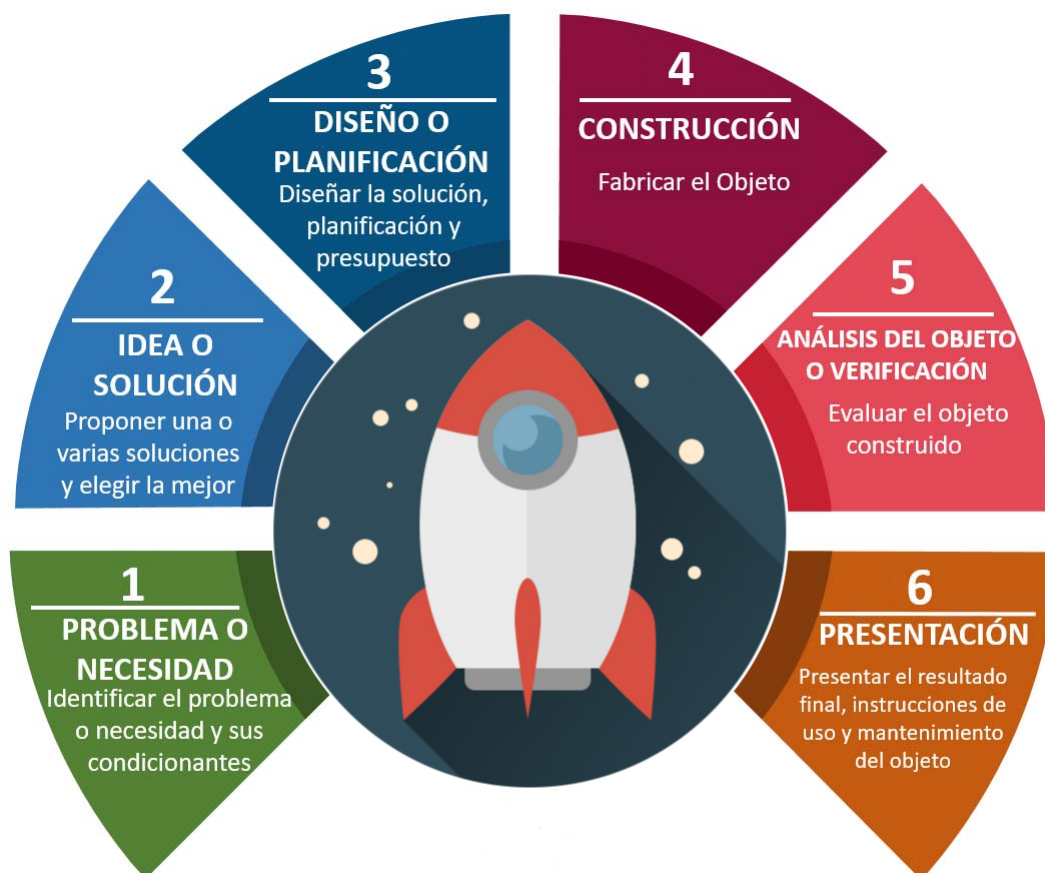


Figura 1.4: Fases del desarrollo de un producto tecnológico
Figura creada en: Inkscape.org, <https://inkscape.org/es/>

Por otra parte, engloba los diferentes ámbitos propios de las competencias transversales, como aprender a aprender, la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología o el sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor, entre otras. [8]

Una de las ideas con mayor proyección de futuro tratadas en este proyecto, es dar a conocer la importancia del reciclaje y lo eco-sostenible [9]. Solo de esta manera, la sociedad del futuro como son nuestros alumnos y alumnas serán conscientes de la envergadura de la economía circular para el futuro sostenible de nuestro planeta.

1.3. FINALIDAD



Figura 1.5: Esquema de la economía circular
Figura obtenida en: *Ecolec.es*, <https://www.ecolec.es/>

Por último, remarcar que uno de los principales objetivos de dicha actuación educativa, es la de fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la adquisición de los contenidos definidos en el currículum para las materias de tecnología, física y matemáticas (definidos en el apartado) gracias al desarrollo de este sistema aeronáutico donde convergen los temas trabajados en dichas asignaturas.

1.3. Finalidad

El objetivo principal de este TFM será desarrollar un sistema aeronáutico compuesto por un cohete propulsado por agua con un paracaídas, que tiene la función de evitar que tanto el artefacto como sus componentes internos no resulten dañados en el aterrizaje para así recolectar los datos obtenidos por el sistema de monitorización. Este último, medirá la temperatura ambiental y la altitud alcanzada por el cohete con el fin de determinar la existencia de una correlación entre estos factores.

Adicionalmente, la medida de la altura alcanzada por el cohete da pie a una posible competición por ver que diseño logra unos mejores resultados, por lo que se estudiará la posibilidad de desarrollar un campeonato entre los distintos equipos de estudiantes. De esta manera, se espera fomentar la motivación extrínseca en los participantes gracias a la competitividad.

1.3. FINALIDAD

Para llevar a cabo dicho proyecto, se utilizarán materiales reciclados para la construcción del cohete y el paraídas. El sistema de medición hará uso de un microcontrolador (como pueda ser un Arduino, FlyPort o Waspote), que será el equipo encargado de realizar la automatización de los procesos y procesar la información captada por el sensores de temperatura y altitud.

FOTO DEL COHETE HECHO POR MAMA

Capítulo 2

Estado del arte

Los cohetes de agua funcionan correctamente cuando se construyen sobre bases científicas. Del mismo modo, cada error cometido enseña que un concepto científico ha sido ignorado o aplicado de forma errónea. Por ello, es indispensable que antes de empezar el alumnado comprenda los fundamentos de los cohetes de agua. Estos artefactos tienen mucho en común con los cohetes reales, por lo que los estudiantes experimentarán la misma emoción que sienten los ingenieros espaciales al diseñarlos.

Prof. Nobuaki Ishii

*Instituto de Ciencias Espaciales y Astronáutica
Organismo de Exploración Aeroespacial de Japón*

2.1. Introducción al modelismo espacial

El *Modelismo Espacial* es una disciplina encuadrada en los denominados deportes científicos. Esta abarca las fases de diseño, construcción, lanzamiento y recuperación de los modelos aeronáuticos con fines académicos, deportivos y científicos. Si atendemos al aspecto deportivo de dicha disciplina, esta se encuentra regulada bajo la normativa de organismos como el NAR (National Association of Rocketry) o la FAI (Federación Aerónautica Internacional), la cual cuenta con diferentes modalidades dependiendo de las características del cohete. [10]

Para conocer los orígenes del modelismo espacial hay que remontarse años atrás a la época de los años setenta, cuando aparecieron diferentes agrupaciones de jóvenes que empezaron a practicar dicha disciplina, motivados entre otros factores por la carrera espacial y posterior llegada del ser humano a la Luna.



Figura 2.1: Integrantes de una agrupación de modelismo espacial

Figura obtenida en: infobae.com, <https://blogs.infobae.com/>

Si se atiende al caso particular de nuestro país, en España esta disciplina es una actividad bastante desconocida. aunque si bien existen diferentes clubes y asociaciones que practican activamente este deporte científico bajo la normativa vigente en nuestra nación.

El modelado espacial requiere de unos conocimientos propios de áreas como la tecnología, la física, las matemáticas, la geometría, el diseño asistido por ordenador, la aeronáutica o la aerodinámica. Estas áreas además fomentan destrezas como

2.2. MODELISMO ESPACIAL EN EL ÁMBITO EDUCATIVO

la capacidad artística y creativa y mejoran actitudes como el compañerismo o trabajo en equipo.

Por último, destacar que España acude regularmente a las competiciones internacionales organizadas por la *FAI*, siendo uno de los países mas galardonados en los rankings. [11]



Figura 2.2: **Jordi Roura Font** recoge el diploma al modelismo aeroespacial español

Figura obtenida en: [pasionporvolar.com](http://www.pasionporvolar.com), <http://www.pasionporvolar.com/>

2.2. Modelismo espacial en el ámbito educativo

La cultura del modelismo espacial también tiene lugar en el entorno educativo, donde los cohetes propulsados por agua y aire comprimido son las principales aeronaves construidas debido a su sencilla y económica implementación.

Si bien en la actualidad, el modelado de cohetes de agua en el ámbito educativo esta presente en distintos países como China, Corea, Francia, Escocia o Inglaterra, la cual empezó una competición nacional denominada *Water Rocket Challenge* en el año 2001, Japón es el país precursor de esta iniciativa. [12]

2.2. MODELISMO ESPACIAL EN EL ÁMBITO EDUCATIVO



Figura 2.3: Imágenes de la *Water Rocket Challenge* inglesa
Figura obtenida en: npl.co.uk, <https://www.npl.co.uk/water-rockets>

La primera documentación acerca del uso de cohetes propulsados por agua en Japón data de principios de la década de los ochenta y se atribuye a los profesores de secundaria Hayashi e Iida, ambos de la escuela *Prefectura Aichi*.

Estos docentes idearon diversos tipos de cohetes de agua utilizando como estructura principal botellas de *PET*, polietileno tereftalato. Entre esos diseños se encontraban cohetes de una y varias etapas o los denominados cohetes "cluster", es decir, una agrupación que combinaba 25 botellas de PET. [13]

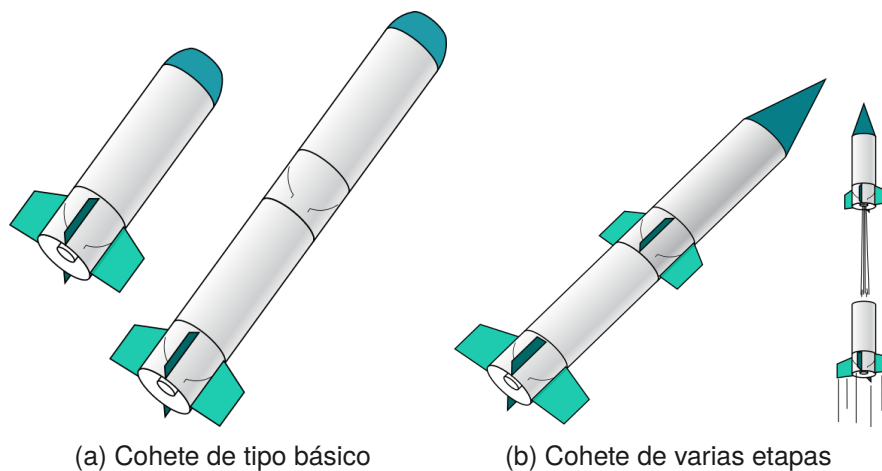


Figura 2.4: Cohetes inventados por Hayashi e Iida
Figura creada en: [Inkscape.org](https://inkscape.org), <https://inkscape.org/es/>

En la actualidad, el modelado espacial basado en cohetes propulsados por agua abarca un gran rango de aplicación, desde programas educativos en centros

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

escolares hasta eventos comunitarios. La finalidad de los mismos es la de captar el interés del estudiantado por la ciencia.

En una primera instancia, los alumnos y las alumnas se centrarán por ver cuán lejos llegan sus prototipos. Más adelante, se preguntarán a si mismos como pueden hacer para optimizar el diseño consiguiendo que sus cohetes alcancen más altitud, mayor distancia e incluso no sufran daños en el aterrizaje. Durante este proceso, no solo adquirirán las habilidades necesarias para resolver retos o desafíos sino que sentirán una gran satisfacción al ver los logros de su producto, aumentando su motivación intrínseca.

2.3. Fundamentación teórica

A continuación, una vez introducido el modelismo espacial, se procede a exponer cuales son las bases teóricas sobre las que se sustenta el mismo.

A modo de introducción definir, que un **modelo espacial** es un tipo de cohete cuyas características principales son:

- Sus materiales de fabricación han de ser ligeros y no metálicos.
- Recuperación de forma segura.
- Sigue los principios de la física, aerodinámica y aeronáutica.
- Ámbito de aplicación enmarcado en el lanzamiento de cohetes balísticos y vuelo espacial orbital.

Durante la fase de construcción de un modelo espacial, son bastantes los elementos tecnológicos a tener en cuenta, como:

- **La mecánica estructural e ingeniería de materiales**, a la hora de la fabricación del fuselaje como cuerpo estructural.
- **La ingeniería de propulsión.**
- **La aerodinámica**, para la valoración de las distintas fuerzas que intervienen.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- **La ingeniería de control**, la cual garantiza una estabilidad durante el vuelo.
- **El análisis del vuelo**, que permite la optimización de la trayectoria del cohete.

Todos estos factores resultan de vital importancia si se quiere garantizar un desempeño máximo del vuelo (distancia, altitud, tiempo de vuelo, ...)

Por último, la garantía de la seguridad debe prevalecer en todas las etapas, por lo que hay que conocer de antemano las limitaciones de las botellas de PET en cuanto a fuerza estructural y resistencia a la presión, para no sobrepasarlas cegados por batir una nueva marca de distancia o altitud.

2.3.1. Leyes de Newton

Debido a que los modelos espaciales vuelan por medio de la propulsión a reacción del agua y aire comprimido, estos están sometidos a la leyes de Newton. [14]

Estos principios explican casi la totalidad de problemas planteados por la mecánica, concretamente, los relativos al movimiento de los cuerpos.

Primera ley de Newton

Todo cuerpo tiende a mantener un estado de reposo o movimiento rectilíneo-uniforme a no ser que intervengan fuerzas ejercidas sobre él.

Por tanto, el cohete no puede cambiar su estado inicial por si solo a no ser que se aplique una fuerza sobre el mismo. Adicionalmente, el artefacto mantendrá su movimiento mientras no se vea frenado por la resistencia del aire o por la fuerza de la gravedad, (ver figura 2.5) tal y como postulaba Newton "los cuerpos están sometidos a fuerzas de roce o fricción constantemente, que los frena progresivamente".

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

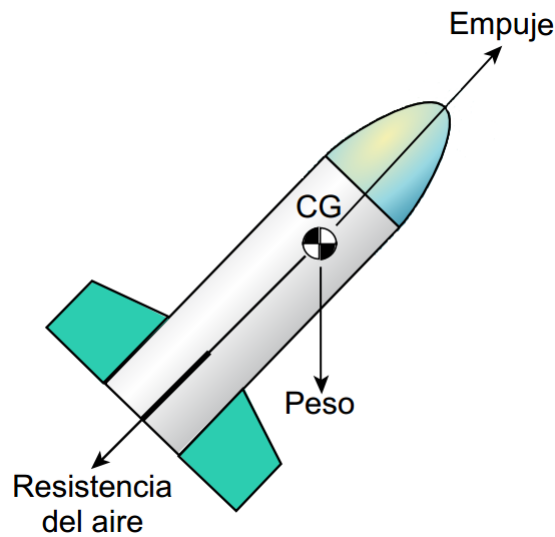


Figura 2.5: Fuerzas intervinientes en el vuelo de un cohete
Figura creada en: [Inkscape.org](https://inkscape.org/), <https://inkscape.org/es/>

Segunda ley de Newton

Al aplicar una fuerza a un objeto, este experimenta una aceleración. Dicha aceleración es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo cuya dirección será la misma que la de la fuerza experimentada

Es decir, si una fuerza actúa sobre un cuerpo, este cambiará su estado de movimiento modificando la velocidad en módulo o dirección. Su forma más célebre es:

$$\text{Fuerza (N)} = \text{masa (kg)} \times \text{aceleración } \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad (2.1)$$

Tercera ley de Newton

Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, entonces este último debe ejercer una fuerza de igual intensidad y dirección sobre el primero.

Ejemplificando al caso de estudio de este proyecto educativo, se puede enunciar que el cohete es propulsado debido a la reacción resultante del empuje del gas generado en el interior del mismo. Es decir, el modelo espacial vuela gracias a la

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

reacción resultante del agua que esta siendo expulsada por el aire comprimido introducido, como puede apreciarse en la figura 2.6

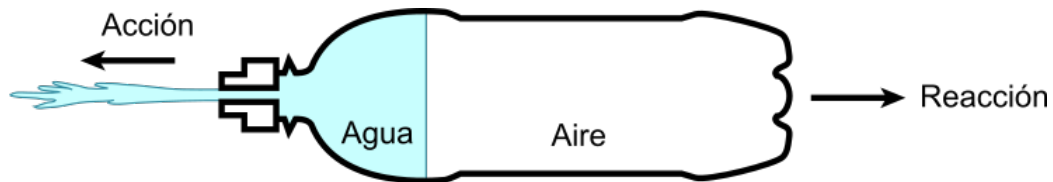


Figura 2.6: Principio de acción y reacción aplicado a un modelo espacial

Figura creada en: [Inkscape.org](https://inkscape.org/), <https://inkscape.org/es/>

2.3.2. Ley de conservación del *momentum*

Mediante esta ley, se explica la física que sigue el modelo espacial objeto de estudio de este proyecto.[15]

A modo de introducción, se enuncia que el cohete es propenso a mantener un *momentum* constante antes y después del movimiento, esto queda definido mediante la siguiente expresión:

$$\text{Momentum } \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}\right) = \text{masa } (\text{kg}) \times \text{velocidad } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \quad (2.2)$$

Supongamos que un cohete tiene una masa M , y la mezcla de agua más aire comprimido (en adelante combustible), m . Por tanto la masa total del sistema resulta:

$$\text{Masa } (\text{kg}) = M + m \quad (2.3)$$

El cohete liberará ese combustible de masa m en un instante a una velocidad V_e . Fruto de esa expulsión, el cohete alcanzará una velocidad V (se supone que no hay fricción con el aire).

Debido a que la velocidad inicial del cohete es nula, el *momentum* en ese instante de tiempo también lo es, por lo que si se expresa el *momentum* del combustible, p , en términos matemáticos resulta:

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

$$p = m \times (-V_e) \quad (2.4)$$

Por otra parte, el *momentum* del cohete, P , una vez iniciado el movimiento se define como:

$$P = M \times V \quad (2.5)$$

Resultando el total de ambos *momentum*:

$$P + p = MV - mV_e \quad (2.6)$$

indicando el signo negativo que la dirección del combustible y la del cohete son opuestas.

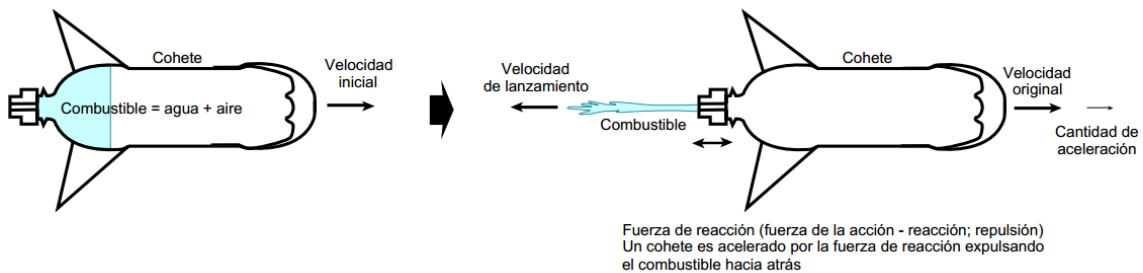


Figura 2.7: Ley de conservación del *momentum* aplicado a un modelo espacial
Figura creada en: Inkscape.org, <https://inkscape.org/es/>

Tal y como se enunciaba antes el *momentum* se mantiene constante, por lo que:

$$Momentum_{inicial} = Momentum_{final} \quad (2.7)$$

Insertando la expresión 2.6 en 2.7, se obtiene

$$0 = MV - mV_e \quad (2.8)$$

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

$$V = \frac{m}{M} \times V_e \quad (2.9)$$

Es decir, el modelo espacial avanza para compensar el *momentum* del agua y aire comprimido expulsados.

Por último, cabe preguntarse que se puede hacer para mejorar el rendimiento del empuje, teniendo distintas alternativas para ello:

- **Aumentar la velocidad de expulsión del agua.** La manera mas rápida es aumentar la presión en el interior del deposito, pero esta práctica puede resultar fatal ya que una presión excesiva haría estallar la botella de PET.
- **Incrementar la cantidad de agua a expulsar.** Una mayor cantidad de agua conlleva una mayor aceleración, no obstante al utilizar más agua el cohete será mas pesado y la presión de aire en su interior disminuirá. Lo ideal es que el agua ocupe en torno a un cuarto o un tercio del deposito del cohete.
- **Reducir la masa del cohete,** siempre aligerando accesorios decorativos para no comprometer la estabilidad estructural de la botella de PET.
- **Minimizar la resistencia al aire,** mediante la optimización del diseño. Esto es, construyendo el modelo espacial lo más liso posible reduciendo las partes sobresalientes.

2.3.3. Aerodinámica

Una vez expuestas las principales leyes físicas que explican el comportamiento de un sistema aeronáutico, se estudiará como asegurar la estabilidad durante el vuelo ya que, de nada serviría obtener una potencia de empuje inmensa si el cohete avanza girando rotativamente de una forma incontrolada.

Para ello, se debe introducir los términos de **centro de presiones**, en adelante *CP* y **centro de gravedad**, o *CG*. Por un lado, el centro de presiones hace referencia al punto donde se concentran todas las fuerzas aerodinámicas normales que interactúan con el cohete. Esto es, el lugar donde actúa la **fuerza normal** resultante de la sumatoria de fuerzas de presión ejercidas en el modelo espacial por acción del aire.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Por otra parte, el centro de gravedad es aquel donde se concentra la totalidad del peso del sistema aeronáutico. Nótese que a medida que la mezcla de aire comprimido y agua vaya siendo expulsada, el *CG* irá variando.

Ambos términos se relacionan mediante el *margen de estabilidad*, el cual se define como la distancia entre el *CG* y el *CP*. Por acuerdo, la distancia mínima, conocida como calibre, para que se considere la existencia del margen de estabilidad tiene que ser igual al diámetro mayor del artefacto. [16]

Para concluir esta sección se enuncia **la regla de estabilidad** que debe seguir todo sistema aeronáutico en su implementación.

"Un modelo espacial será estable siempre y cuando su centro de presiones, el cual es recomendable que se encuentre próximo a la cola, esté situado por detrás de su centro de gravedad, este último cercano al cono del cohete."

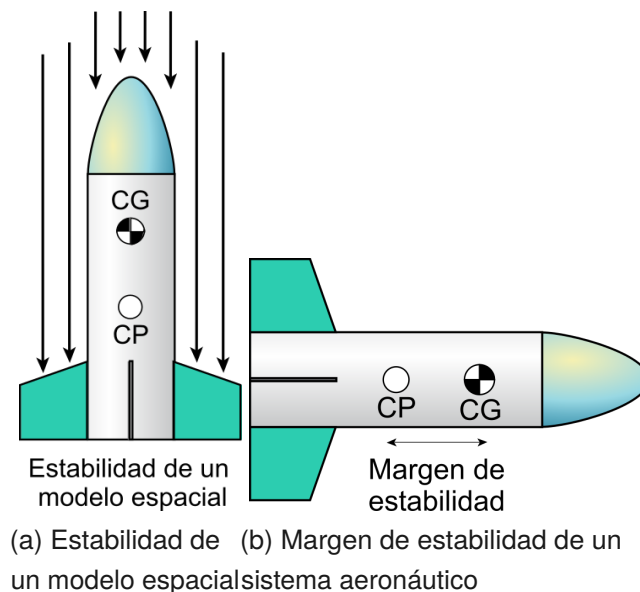


Figura 2.8: Aerodinámica del modelismo espacial

Figura creada en: [Inkscape.org](https://inkscape.org/), <https://inkscape.org/es/>

2.3.4. Movimiento parabólico

En los siguientes apartados, se pretende mostrar las expresiones matemáticas que describen el movimiento del sistema aeronáutico objeto de estudio de este proyecto.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Se denomina movimiento parabólico al realizado por un objeto cuya trayectoria describe una parábola. Si se ejemplifica en un caso ideal este correspondería a la trayectoria descrita por un proyectil que se mueve en un medio cuya resistencia al avance es nula y que está sujeto a un campo gravitatorio uniforme.

Si se descompone la trayectoria parabólica en los ejes cartesianos, se distinguen dos tipos de movimiento:

- **Eje X**, un movimiento rectilíneo uniforme de velocidad V_X constante.
- **Eje Y**, un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado con velocidad V_{0Y} hacia valores positivos.

En términos matemáticos, existen dos ecuaciones que definen el movimiento parabólico:

$$V_0 = v_o \cdot \cos\phi \mathbf{i} + v_o \cdot \text{sen}\phi \mathbf{j} \quad (2.10)$$

$$a = -g \mathbf{j} \quad (2.11)$$

donde:

- v_o , es el módulo de la velocidad inicial.
- ϕ , es el ángulo de la velocidad inicial sobre el eje horizontal.
- g , es la aceleración de la gravedad.

La velocidad inicial tiene una componente horizontal, $v_o \cdot \cos\phi$ (en adelante v_{0X}) y otra vertical, $v_o \cdot \text{sen}\phi$ (en adelante v_{0Y}). Por tanto, agrupando ambas expresiones se tiene:

$$V_0 = v_{0X} \mathbf{i} + v_{0Y} \mathbf{j} \quad (2.12)$$

Tal y como se puede deducir de la expresión 2.11, la única aceleración que tiene lugar en la trayectoria parabólica es la gravedad, con sentido hacia los valores

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

negativos del eje vertical. Si se integra dicha expresión en 2.12, se obtiene que la ecuación de la velocidad en un movimiento parabólico es:

$$V(t) = v_{0X} \mathbf{i} + (v_{0Y} - gt) \mathbf{j} \quad (2.13)$$

Finalmente, la última expresión que caracteriza este tipo de movimiento es la de la posición, la cual se puede obtener mediante la integración de 2.13 en la expresión que define la posición inicial del artillero:

$$r(0) = x_0 \mathbf{i} + y_0 \mathbf{j} \quad (2.14)$$

Resultando:

$$r(t) = (v_{0X} \cdot t + x_0) \mathbf{i} + \left(-\frac{1}{2} \cdot gt^2 + v_{0Y} \cdot t + y_0\right) \mathbf{j} \quad (2.15)$$

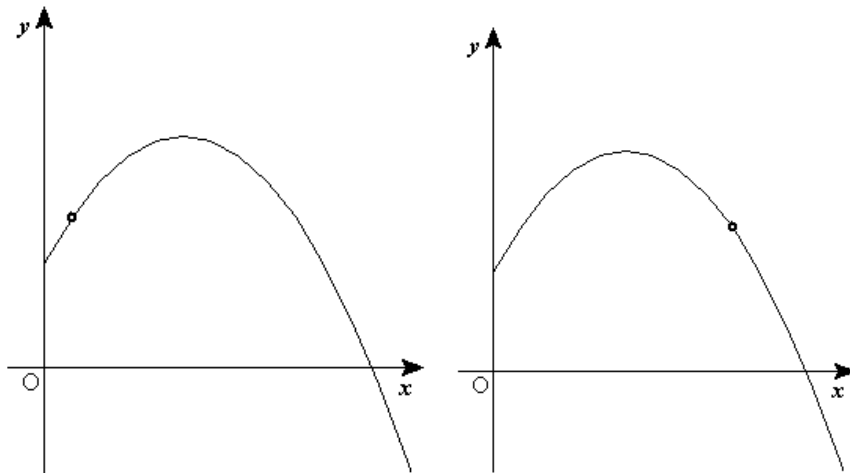


Figura 2.9: Expresión que describe la posición de un movimiento parabólico en función del tiempo

Figura obtenida en: Wikipedia.org, <https://commons.wikimedia.org/>

De la expresión 2.15, se puede calcular tanto la velocidad de salida del cohete como la altura máxima obtenida cronometrando el tiempo de vuelo del mismo. Tal y como se adelantaba en el apartado 1.3, una posible implementación del presente programa educativo es la de realizar una competición con la finalidad

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

de mejorar la motivación extrínseca del alumnado, basada en ver que sistema aeronáutico alcanza una mayor altitud.

Para calcular dicha altura, se pueden utilizar principalmente dos métodos:

- Uno experimental, mediante la integración de un sistema de monitorización (ver apartado).
- Otro teórico, midiendo el tiempo de vuelo con un cronómetro e introduciendo dicho valor en las expresiones matemáticas anteriormente dispuestas en este apartado.

2.3.5. Movimiento en caída libre y descenso con paracaídas

Tal y como se comentaba en el apartado 1.3, con el fin de no dañar ni el artefacto ni los componentes internos del mismo en el momento del aterrizaje, este implementará un paracaídas. Para establecer las características del mismo, se presenta un breve estudio del mismo.

En un caso ideal, se puede describir que un cuerpo se mueve en caída libre si la única fuerza que interactúa con este es la gravedad. Debido a la existencia de la fuerza de rozamiento del aire en la realidad, se distinguen dos casuísticas. [17]

Caso 1. Caída libre previa al despliegue del paracaídas

En esta situación, las ecuaciones del movimiento de un cuerpo en caída libre ideal son aceptadas ya que la fuerza de rozamiento resulta tan pequeña que puede ser despreciada, interviniendo únicamente la aceleración de gravedad de manera constante.

Las ecuaciones características de este movimiento son:

$$\text{Peso :} \quad F = m \cdot g \quad (2.16)$$

$$\text{Aceleración :} \quad a = -g \quad (2.17)$$

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

$$\text{Velocidad :} \quad v = -g \cdot t \quad (2.18)$$

$$\text{Distancia recorrida :} \quad x = x_0 - \frac{(g \cdot t^2)}{2} \quad (2.19)$$

donde:

- m , es la masa del sistema aeronáutico en Kg .
- t , es el tiempo transcurrido en s .
- g , es la aceleración de la gravedad. Se establece un valor de $9,81 \text{ m/s}^2$ para esta constante.
- x_0 , es la altura inicial en m .

Caso 2. Descenso tras el despliegue del paracaídas

Una vez que entra en acción el paracaídas, la fuerza de rozamiento comienza a ser significativa, la cual es proporcional a una constante de proporcionalidad (ver 2.21) y a la velocidad de descenso al cuadrado.

La ecuación característica de este movimiento viene definida por:

$$F_r = -m \cdot g + k \cdot v^2 \quad (2.20)$$

$$\text{Constante de proporcionalidad :} \quad k = \frac{\rho \cdot A \cdot C_d}{2} \quad (2.21)$$

donde:

- v , es la velocidad de descenso.
- A , es el área del paracaídas en m^2 .
- ρ , es la densidad del aire. Se establece un valor de $1,223 \text{ kg/m}^3$ para esta constante.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- C_d , es el coeficiente de arrastre del paracaídas (ver tabla 2.1).

A continuación, se muestran distintos tipos de coeficientes de arrastre para las tipologías de paracaídas más usuales.

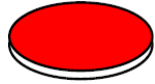



| Tipo de paracaídas | | Valor de C_d |
|---|---------------------------|----------------|
|  | Circular | 1.2 |
|  | Hemisférico | 0.8 |
|  | Semi-hemisférico aplanado | 0.75 |
|  | Planeador | 0.06 |

Tabla 2.1: Coeficientes de arrastre para distintos tipos de paracaídas

En el instante de tiempo en que se abre el paracaídas, el sistema aeronáutico se frena hasta llegar a su *velocidad límite de descenso*, la cual es constante hasta aterrizar. Esto ocurre cuando la fuerza peso se iguala a la fuerza de rozamiento, ya que la aceleración será nula.

$$m \cdot g = k \cdot v^2 \quad (2.22)$$

Si se despeja la velocidad de la expresión 2.22, se obtiene que la velocidad límite de descenso viene definida por:

$$v = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k}} \quad (2.23)$$

Igualando k (ver 2.21) y despejando A , se obtiene el área que debe tener un paracaídas en función de la tipología del mismo, la masa del sistema aeronáutico y la velocidad de descenso que se quiera obtener:

$$A = \frac{2 \cdot m \cdot g}{v^2 \cdot \rho \cdot C_d} \quad (2.24)$$

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Nota: Para garantizar una seguridad durante la caída del artilugio, la velocidad de descenso debe encontrarse en un rango entre los 8 y 12 m/s. Adicionalmente, para evitar los bruscos bandazos del paracaídas producidos por el desborde de aire se realizará un orificio en el ápice de este. El área del mismo no debe superar el 10 % del área plana del paracaídas. [18]

2.3.6. Partes de un modelo espacial

Tras deducir la expresión que determina el área mínima a implementar en la construcción del paracaídas (ver apartado 2.3.5 para que este alcance la velocidad de descenso deseada, se analizará a continuación el proceso de diseño del resto de partes relevantes del modelo espacial.

Cono o nariz

Esta parte será la encargada de *penetrar el aire* durante la ascensión vertical del artefacto, por lo que dicho elemento aporta al cohete su desempeño aerodinámico. Con el fin de lograr una oposición al avance y altitud óptimas, hay que cuidar encarecidamente el diseño de esta parte.

Si se habla de perfiles aerodinámicos, se distinguen principalmente tres casos:

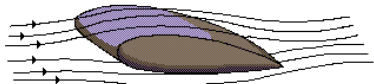

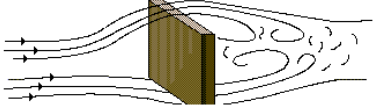
| Tipo de perfil | Nivel de resistencia aerodinámica |
|--|-----------------------------------|
|  Aerodinámico | Mínimo |
|  Redondo | Medio |
|  Plano | Elevado |

Tabla 2.2: Relación entre el perfil y la resistencia aerodinámica
Figuras obtenidas en: *AngelFire.com*, <http://www.angelfire.com/>

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Por lo que resulta obvio que el perfil a implementar será el aerodinámico dado su mínimo impacto en relación con la resistencia al avance del modelo espacial. Bajo esta tipología de perfil, se puede implementar varias formas de nariz, en la siguiente tabla se muestran las tres más comunes.

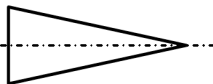
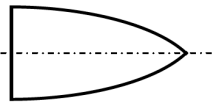
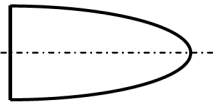
| Forma de la nariz | Coeficiente de resistencia (sin fricción) |
|--|---|
|  Cónica | 0.667 |
|  Ojiva | 0.446 |
|  Elíptica | 0.333 |

Tabla 2.3: Relación entre la forma y el coeficiente de resistencia bajo el supuesto de fricción nula

Datos obtenidos en: AngelFire.com, <http://www.angelfire.com/>

Finalmente, tras el análisis se puede afirmar que la nariz de forma elíptica es la que obtendrá mejores resultados y por tanto será la que se implemente en el diseño del sistema aeronáutico objeto de estudio de este proyecto.

Nota: *No se descarta la posibilidad de que diferentes grupos de alumnos y alumnas implementen otra forma o tipo de nariz con el fin de comprobar empíricamente que los resultados teóricos amparan a los prácticos.*

Aletas

Las aletas tienen la función de aportar estabilidad al modelo espacial, con el objetivo de garantizar la dirección de vuelo prevista. Estas se sitúan en la parte inferior del cohete por lo que modifican su centro de presiones (ver apartado 2.3.3).

La elección del número de aletas a implementar es una cuestión delicada en el proceso de diseño, ya que una mayor cantidad de las mismas supone obtener una menor altura máxima, debido a que el sistema aeronáutico verá incrementada

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

su área y por ende tendrá una mayor resistencia al aire. En el caso contrario, si el artillero está ideado para experimentar enormes aceleraciones y alturas, es necesario incluir más aletas con el objetivo de no comprometer su estabilidad. [19]

Para el modelo espacial objeto de estudio de este proyecto educativo, se posibilita la implementación de tres o cuatro aletas, a criterio de elección por parte del grupo de trabajo.

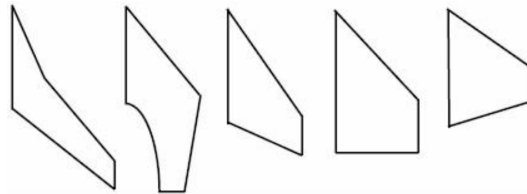


Figura 2.10: Distintas formas de aleta

Figura creada en: *Inkscape.org*, <https://inkscape.org/es/>

Al igual que sucede con la nariz o cono, el perfil óptimo de aleta es el aerodinámico ya que gracias a su suavizado en los bordes de ataque y fuga proporcionan una menor resistencia al aire.



Figura 2.11: Descripción del perfil aerodinámico de una aleta

Figura creada en: *Inkscape.org*, <https://inkscape.org/es/>

Fases del vuelo de un sistema aeronáutico

Para concluir este apartado de fundamentación teórica, se muestra un diagrama con las distintas fases acaecidas durante el vuelo de un modelo espacial.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

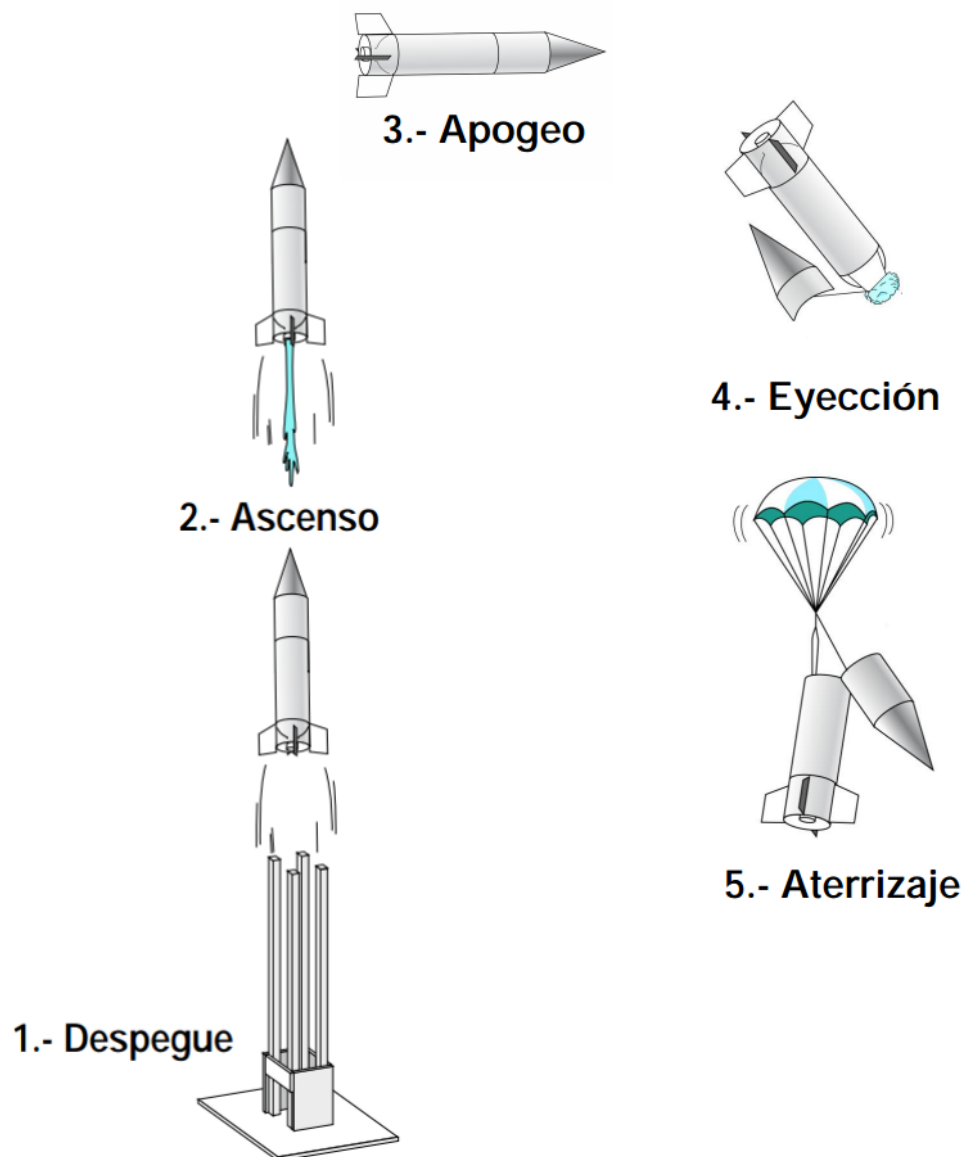


Figura 2.12: Fases ocurridas durante el vuelo del modelismo espacial

Figura creada en: *Inkscape.org*, <https://inkscape.org/es/>

A modo de resumen, se describe lo sucedido en cada una de ellas:

- **Despegue**, surge la aceleración máxima. Durante esta etapa el modelo experimenta la presión del aire ejercida por dicha aceleración.
- **Ascenso**, una vez expulsada totalmente la mezcla de aire comprimido y agua el cohete sigue ascendiendo mediante el principio de la inercia hasta alcanzar su altitud máxima o apogeo.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- **Apogeo**, este instante de tiempo es especial ya que la velocidad se vuelve nula debido a que se ha alcanzado la altitud máxima, tras ello es artefacto empezará a descender.
- **Eycción**, tras unos segundos se despliega el paracaídas.
- **Aterrizaje**, el sistema aeronáutico tomara tierra con una velocidad de descenso constante estimada a priori.

Capítulo 3

Marco curricular

Una vez expuestas las bases teóricas en las que se fundamenta el presente proyecto, así como, el enfoque fundamental para llevarlo a cabo, resulta necesario conocer la normativa educativa vigente. Es por ello que, en este apartado se procede a enmarcar el proyecto educativo mencionado bajo la normativa curricular dictada por el *Ministerio de Educación, Cultura y Deporte* en el BOE, *Boletín Oficial del Estado*.

3.1. Introducción

El presente proyecto educativo, *Desarrollo de un sistema aeronáutico para fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito educativo*, se enmarca en el cuarto curso de la etapa conocida como ESO, *Educación Secundaria Obligatoria*. Los contenidos del mismo incluyen temáticas propias de TIC, electrónica, control y robótica, tecnología y sociedad, proceso de resolución de problemas tecnológicos, expresión y comunicación técnica, materiales de uso técnico, estructuras y mecanismos e iniciación a la programación y sistemas de control.

Este proyecto educativo sirve de precedente y a modo de una primera toma de contacto para el desarrollo de un producto tecnológico ya que el perfil de alumnado al que va dirigido probablemente acabe desempeñando su labor en la industria tecnológica.

3.2. CONTEXTUALIZACIÓN

El texto expuesto en la misma se enmarca en la normativa legal vigente tanto a nivel estatal, utilizando como referencia el BOE RD 1105/2014 [8], como a nivel autonómico usando como referencia el BOJA 111/2016 [20] para el nivel de cuarto de ESO y la materia de Tecnología.

El presente proyecto consta de los siguientes apartados:

- **Contextualización**, justificación donde se enmarca el proyecto educativo.
- **Competencias a desarrollar**, pautas a lograr durante la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas.
- **Objetivos**, referentes relativos a los logros que los y las estudiantes deben alcanzar al finalizar el proyecto educativo.
- **Contenidos** con los que alcanzar los objetivos definidos.
- **Atención a la diversidad**, así como, los temas transversales trabajados en el aula durante este proyecto educativo.
- **Metodología**, conjunto de procesos, recursos, secuenciación y actividades orientadas a posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos planteados.

3.2. Contextualización

3.2.1. Contexto donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje

El proyecto educativo objeto de estudio de este *Trabajo Final de Máster* fue concebido para ser llevado a cabo con el grupo *Scout Atalanta N° 638* [21], formado por adolescentes entre quince y dieciséis años pertenecientes a la etapa educativa cuarto de la ESO. El motivo de realizar dicho proyecto con el grupo scout mencionado se debe a que mi persona colabora constantemente con el mismo en materia educativa a través del proyecto *GranaSAT* [22] de la Universidad de Granada.

3.2. CONTEXTUALIZACIÓN



Figura 3.1: Logos de ambas organizaciones
Figuras obtenidas en: GranaSAT.ugr.es, <https://granasat.ugr.es/> y: Atlanta638.org, <http://www.atalanta638.org>

Ambas organizaciones trabajan activamente con adolescentes cuyas edades abarcan un amplio rango de edades en proyectos que tienen el fin de satisfacer sus necesidades y requerimientos educativos desde el punto de vista de una educación integral que responda a las preocupaciones sociales y medioambientales, como la salud, el consumo, el reciclaje o la integración social contribuyendo así en una educación en valores, donde prima el fomento del pensamiento crítico.

Los centros educativos a los que pertenecen los y las integrantes de este grupo scout como el IES Trevenque [23], siempre han manifestado los grandes beneficios que han supuesto la realización de estos proyectos educativos con sus estudiantes. Así mismo, la Universidad de Granada también ha expresado su reconocimiento hacia este tipo de proyectos a través de sus canales de comunicación oficiales.

A continuación, se muestran imágenes de anteriores proyectos llevados a cabo con el grupo *Scout Atalanta N^o 638* y *GranaSAT*.



Figura 3.2: Integrantes del proyecto realizado
Imagen de mediateca personal

3.2. CONTEXTUALIZACIÓN

 **Universidad Granada** ✓
@CanalUGR

Alumnos del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación han compartido sus conocimientos con jóvenes de ESO y Bachillerato de La Zubia. Os dejamos algunas fotos de la actividad realizada. Tenéis más aquí 
goo.gl/qTy01b



12:53 p. m. · 19 dic. 2017

Figura 3.3: Reconocimiento de la UGR por el proyecto realizado
Figura obtenida en: Canal.ugr.es, <https://canal.ugr.es/>

Por último mencionar, que dicho proyecto educativo es totalmente extrapolable a su puesta en marcha en un centro educativo. Para ello, bastaría con tener en cuenta ciertos aspectos, tales como:

- Coordinación con otras asignaturas, ver apartado ??.
- Adaptar la secuenciación a las tres horas semanales que establece el BOJA para la asignatura de Tecnología en el cuarto curso de la ESO.

3.3. COMPETENCIAS

3.2.2. Características de tecnología

La tecnología se podría definir como la transformación del mundo para adaptarlo mejor a las necesidades y deseos del ser humano. A raíz de esta definición, se podría decir que la asignatura sirve para dar las herramientas y conocimientos necesarios al alumnado con el objetivo de capacitar, en un futuro próximo, su adaptación al mundo logrando así, una mejor convivencia en el mismo.

3.2.3. Prioridades

En el caso particular de este proyecto educativo se dará preferencia al uso de elementos TIC (como ordenadores, recursos web, impresoras 3D, ...), elementos electrónicos, como placas protoboard, microcontroladores Arduino [24] y materiales de uso técnico reciclados. Todos estos elementos los proporciona la organización de dicho proyecto.

3.3. Competencias

A efectos de la *Orden ECD/65/2015* publicada en el BOE el 29 de enero, se dividen las competencias del currículo en dos grupos según su adquisición:

3.3.1. Competencias adquiridas de manera directa

- **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).** Durante la realización de las distintas actividades se trabaja de manera directa dicha competencia, uso de materiales, programación, diseño CAD (*Computer Aided Design*), implementación de circuitos electrónicos, mecánica de fluidos, leyes físicas, caracterización de tipos de movimiento, etc
- **Competencia digital (CD).** La propia programación en *Arduino*, el uso del ordenador o el diseño CAD trabajan dicha competencia.

3.4. OBJETIVOS

3.3.2. Competencias adquiridas de manera transversal mediante la socialización en grupo y realización de las actividades y retos propuestos

- **Comunicación lingüística (CLL).** La elaboración y exposición del informe final que incluye tanto el trabajo realizado como los resultados obtenidos debe ser lo más riguroso posible, por lo que, cuidar la expresión oral y escrita resulta de vital importancia.
- **Aprender a aprender (CAA).** El autoaprendizaje resulta crucial a la hora de realizar los desafíos propuestos para el desarrollo del sistema aeronáutico objeto de estudio de este proyecto educativo, ya que para superar el reto propuesto es necesario consultar fuentes externas, así como la veracidad de las mismas.
- **Competencias sociales y cívicas (CSC).** Al tener que trabajar en grupos, el alumnado adquirirá valores de trabajo en equipo. Remarcar que los valores de equipo son uno de los principios de la filosofía scout.
- **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP).** Durante el planteamiento del desafío se irán optando por unas soluciones u otras, así como, el propio planteamiento del mismo.
- **Conciencia y expresiones culturales (CEC).** El alumno o alumna manifestará su faceta artística mediante la confección del diseño del proyecto, dotándolo con sus propios aportes personales.

3.4. Objetivos

Mediante el presente proyecto educativo se alcanzan los siguientes objetivos establecidos en el *Real Decreto* 1105/2014 publicado en el BOE [8], así como los expuestos en el *Decreto* 1111/2016 publicado en el BOJA [20], *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía* ya que como se adelantó en la sección ?? dicho proyecto se contextualiza en dicha comunidad autónoma.

3.4. OBJETIVOS

3.4.1. Objetivos generales

- Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
- Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.
- Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades y discriminaciones existentes, y en particular la violencia contra la mujer e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas por cualquier condición o circunstancia personal o social, con atención especial a las personas con discapacidad.
- Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.

3.4. OBJETIVOS

3.4.2. Objetivos específicos

Se organizan los distintos objetivos específicos dependiendo del bloque de conocimiento al que pertenecen.

Tecnologías de la Información y de la Comunicación

- Utilizar equipos informáticos. (CD, CAA)
- Valorar el impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la sociedad actual. (CD, CSC, CEC)
- Utilizar un equipo informático para elaborar y comunicar proyectos técnicos. (CMCT, CD, SIEP, CSC, CCL)

Electrónica

- Analizar y describir el funcionamiento y la aplicación de un circuito electrónico y sus componentes elementales. (CMCT, CAA)
- Emplear simuladores que faciliten el diseño y permitan la práctica con la simbología normalizada. (CMCT, CD, CAA)
- Experimentar con el montaje de circuitos electrónicos analógicos y digitales elementales, describir su funcionamiento y aplicarlos en el proceso tecnológico. (CMCT, CAA, SIEP)
- Experimentar con instrumentos de medida y obtener las magnitudes eléctricas básicas. Conocer y calcular las principales magnitudes de los circuitos eléctricos y electrónicos, aplicando las leyes de Ohm y de Joule. Experimentar con instrumentos de medida y obtener las magnitudes eléctricas básicas. (CAA, CMCT)
- Conocer los principales elementos de un circuito eléctrico. Montar circuitos con operadores elementales a partir de un esquema predeterminado. (CD, CMCT, SIEP, CAA)

3.4. OBJETIVOS

Control y robótica

- Manejar programas de diseño asistido por ordenador de productos y adquirir las habilidades y los conocimientos básicos para manejar el software que controla una impresora 3D. (CMCT, CD, CAA, SIEP)
- Conocer el funcionamiento de una impresora 3D y diseñar e imprimir piezas necesarias en el desarrollo de un proyecto tecnológico. (CMCT, CD, CAA, SIEP)

Tecnología y sociedad

- Conocer la evolución tecnológica a lo largo de la historia. (CMCT, CAA, CEC, CLL)
- Valorar la importancia que tiene para la difusión del conocimiento tecnológico la cultura libre y colaborativa. (CEC)
- Analizar objetos técnicos y tecnológicos mediante el análisis de objetos. (CMCT, CAA, CD, CLL)
- Valorar la repercusión de la tecnología en el día a día. Adquirir hábitos que potencien el desarrollo sostenible. (CSC, CEC)

Proceso de resolución de problemas tecnológicos

- Identificar las etapas necesarias para la creación de un producto tecnológico desde su origen hasta su comercialización, describiendo cada una de ellas, investigando su influencia en la sociedad y proponiendo mejoras tanto desde el punto de vista de su utilidad como de su posible impacto social. (CAA, CSC, CCL, CMCT)
- Realizar las operaciones técnicas previstas en un plan de trabajo utilizando los recursos materiales y organizativos con criterios de economía, seguridad y respeto al medio ambiente y valorando las condiciones del entorno de trabajo. (SIEP, CAA, CSC, CMCT)
- Emplear las Tecnologías de la Información y la Comunicación para las diferentes fases del proceso tecnológico. (CD, SIEP, CAA)

3.4. OBJETIVOS

Expresión y comunicación técnica

- Explicar y elaborar la documentación técnica necesaria para el desarrollo de un proyecto técnico, desde su diseño hasta su comercialización. (CMCT, CAA, SIEP, CCL, CEC)
- Realizar adecuadamente los documentos técnicos necesarios en un proceso tecnológico, respetando la normalización asociada. (CMCT, SIEP, CAA, CD, CCL)

Materiales de uso técnico

- Analizar las propiedades de los materiales utilizados en la construcción de objetos tecnológicos, reconociendo su estructura interna y relacionándola con las propiedades que presentan y las modificaciones que se puedan producir. (CMCT, CAA, CCL)
- Manipular y mecanizar materiales convencionales asociando la documentación técnica al proceso de producción de un objeto, respetando sus características y empleando técnicas y herramientas adecuadas con especial atención a las normas de seguridad y salud. (SIEP, CSC, CEC)
- Conocer y analizar la clasificación y aplicaciones más importantes de los materiales de uso técnico. (CMCT, CAA, CCL)
- Identificar los diferentes materiales con los que están fabricados objetos de uso habitual. (CMCT, CAA, CSC, CCL, CEC.)

Estructuras y mecanismos

- Analizar y describir los esfuerzos a los que están sometidas las estructuras experimentando en prototipos. Identificar los distintos tipos de estructuras y proponer medidas para mejorar su resistencia, rigidez y estabilidad. (CMCT, CAA, CEC, SIEP, CCL)
- Diseñar, construir y controlar soluciones técnicas a problemas sencillos, utilizando mecanismos y circuitos. SIEP, CAA, CMCT, CSC, CEC

3.5. CONTENIDOS

Iniciación a la programación y sistemas de control

- Conocer y manejar un entorno de programación distinguiendo sus partes más importantes y adquirir las habilidades y los conocimientos necesarios para elaborar programas informáticos sencillos utilizando programación gráfica por bloques de instrucciones. (CD, CMCT, CAA, CCL, SIEP)
- Analizar un problema y elaborar un diagrama de flujo y programa que lo solucione. (CMCT, CD, SIEP, CAA)
- Elaborar un programa estructurado para el control de un prototipo. (CMCT, CD, SIEP, CAA)
- Elaborar sencillos programas informáticos. (CMCT, CD, CAA, SIEP)

3.4.3. Objetivos didácticos

- Diseñar y construir un cohete utilizando materiales reciclados.
- Diseñar y fabricar piezas 3D para complementar al modelo espacial.
- Implementar un sistema de monitorización, con el fin de captar valores de temperatura y altitud mediante la programación en Arduino y el montaje de circuitos electrónicos sencillos, en el sistema aeronáutico.

3.5. Contenidos

Si se toma como referencia el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre, el proyecto educativo objeto de estudio denominado *Desarrollo de un sistema aeronáutico para fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito educativo* contiene los siguientes contenidos:

Tecnologías de la Información y de la Comunicación

- Conceptos básicos e introducción a los lenguajes de programación. Incluyendo, el programa fuente y programa ejecutable, compilación y ejecución de

3.5. CONTENIDOS

un programa, algoritmos, diagrama de flujo y simbología. Adicionalmente se trabajará mediante la implementación de programas estructurados, los cuales se caracterizan por el uso de constantes, variables, estructuras básicas de control, funciones, etc.

- Uso de ordenadores y otros sistemas de intercambio de información, tales como los basados en IoT, *Internet de las Cosas*.

Electrónica

- Electrónica analógica y sus componentes básicos.
- Simbología y análisis de circuitos elementales.
- Uso de simuladores para analizar el comportamiento de los circuitos electrónicos.
- Descripción y análisis de sistemas electrónicos por bloques: entrada, salida y proceso.
- El circuito eléctrico: elementos y simbología.
- Magnitudes eléctricas básicas. Ley de Ohm y sus aplicaciones. Medida de magnitudes eléctricas.
- Dispositivos electrónicos básicos y aplicaciones. Montaje de circuitos.

Control y robótica

- Sensores digitales y analógicos básicos.
- Aplicación de tarjetas controladoras o plataformas de hardware de control en la experimentación con prototipos diseñados.
- Diseño e impresión 3D y cultura *MAKER*.

Tecnología y sociedad

- Conocer la evolución tecnológica a lo largo de la historia. Analizar objetos técnicos y tecnológicos mediante el análisis de objetos.

3.5. CONTENIDOS

- Valorar la repercusión de la tecnología en el día a día.
- Desarrollo sostenible y obsolescencia programada.
- Ventajas del *hardware* y *software* libre sobre el privativo o comercializado.

Proceso de resolución de problemas tecnológicos

- Fases del proyecto técnico: búsqueda de información, diseño, planificación, construcción y evaluación. El informe técnico.
- El aula-taller. Normas de seguridad e higiene en el entorno de trabajo.
- Principios físicos de funcionamiento.

Materiales de uso técnico

- Materiales de uso técnico. Clasificación, propiedades y aplicaciones.
- Técnicas de trabajo en el taller.
- Repercusiones medioambientales.

Estructuras y mecanismos

- Estructuras. Carga y esfuerzo.
- Elementos de una estructura y esfuerzos básicos a los que están sometidos.
- Condiciones que debe cumplir una estructura: estabilidad, rigidez y resistencia.

Iniciación a la programación y sistemas de control

- Programación gráfica por bloques de instrucciones. Entorno de programación.
- Bloques de programación. Control de flujo de programa. Interacción con el usuario y entre objetos.

3.6. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

- Introducción a los sistemas automáticos cotidianos: sensores, elementos de control y actuadores.
- El ordenador como elemento de programación y control.
- Lenguajes básicos de programación.
- Concepto de software libre y privativo. Tipos de licencias y uso.

3.6. Atención a la diversidad

Debido a que el proceso de enseñanza-aprendizaje no se realiza del mismo modo (o a igual ritmo) en unos estudiantes que en otros se propone tanto para la resolución de problemas como para la formación de grupos en la realización del desafío propuesto, la dinámica de aprendizaje cooperativo, es decir, los estudiantes con altas capacidades ayudarán en las distintas dificultades que puedan presentar sus análogos con bajas capacidades.

3.7. Tratamiento de temas transversales

Tal y como se mencionaba en el apartado 1.2, uno de los objetivos principales que aborda este proyecto educativo es la resolución de un reto o desafío que se apoya en el los contenidos trabajados en otras asignaturas como física y matemáticas (leyes de Newton, ley de conservación del *momentum*, caracterización del movimiento parabólico y caída libre).

Esta forma de trabajar los contenidos dota al alumnado de una perspectiva global y muestra la influencia que tienen unas áreas de conocimiento sobre otras, así como su importancia.

Por otra parte, este proyecto muestra una realidad que cada vez va tomando una vital importancia en nuestro modo de vida si se quiere garantizar el futuro sostenible del planeta como es la economía circular y el reciclaje.

Siguiendo esta línea de desarrollo, este proyecto basa la mayor parte de su naturaleza en el uso de materiales reciclados y que además permitan su realización.

3.7. TRATAMIENTO DE TEMAS TRANSVERSALES

Este concepto, ha marcado un hito en la historia de la carrera aeroespacial, tras el aterrizaje con éxito de un cohete que previamente había transportado suministros a la estación espacial internacional, permitiendo no solo su reutilización sino también abaratando el coste de la misión.

El mencionado evento ha sido llevado a cabo por la empresa *SpaceX* en colaboración con otras agencias como la NASA (National Aeronautics and Space Administration).

Adicionalmente, otro aspecto que resulta crucial para el éxito laboral en la industria tecnológica y que el estudiantado adquirirá es la capacidad de organización, planificación y coordinación grupal a la hora de desarrollar cada una de las tareas que constituyen la elaboración del sistema aeronáutico propuesto.

Capítulo 4

Elementos curriculares. Metodología.

4.1. Filosofía de la didáctica

Por último, en esta sección se desarrollan las metodologías, actividades, materiales, recursos así como la secuenciación a seguir para llevar a cabo este proyecto educativo.

El sistema de enseñanza que se seguirá en el citado proyecto abarca distintas metodologías, ya que debido a la diversidad de contenido es necesario emplear el modelo didáctico que mejor se ajuste al mismo en cada momento.

4.2. Modelo didáctico

La implantación del *plan Bolonia* ha supuesto entre otras mejoras, la renovación metodológica de la educación. Esta transición ha derivado en la aplicación de metodologías activas en el aula frente a las metodologías clásicas o pasivas, ya que como apunta Fernández March [25] entre otros muchos investigadores, han mejorado el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que activa el interés del alumnado a la hora de adquisición de conocimientos.

Las metodologías a implementar se exponen en los próximos párrafos.

4.2. MODELO DIDÁCTICO

4.2.1. Aprendizaje cooperativo

Dado que para la realización del proyecto se formarán grupos heterogéneos, la aplicación de esta estrategia educativa es inmediata ya que son los propios estudiantes los que se refuerzan unos a otros con las explicaciones pertinentes por lo que son evaluados por su productividad en grupo

4.2.2. Aprendizaje orientado a proyectos

La elaboración del propio proyecto en si constituye la metodología conocida como AOP o *Aprendizaje orientado a proyectos*. El proceso de aprendizaje esta basado en la resolución de un reto o desafío en torno al cual, se plantean diversas actividades.

4.2.3. Aprendizaje basado en problemas

A la hora de repasar conceptos o ideas previas necesarias para la consecución del reto, tales como la caracterización de movimientos o el calculo teórico de algunas partes del sistema aeronáutico, se empleará el procedimiento educativo conocido como ABP o *Aprendizaje basado en problemas*. En este método se propondrán la resolución de diversos problemas teóricos guiados por el docente.

4.2.4. Gamificación

En el contexto del desarrollo de una competición que puede entenderse como un juego con la finalidad de constatar que grupo obtiene mejores resultados en base a la altitud alcanzada por su modelo espacial, los estudiantes verán reforzada su motivación extrínseca mejorando así su proceso de enseñanza-aprendizaje.

4.3. Recursos y materiales

Adicionalmente a los recursos expuestos en el apartado 1.1, la realización de este proyecto requiere los siguientes materiales:

- **1 botella de PET.**

El requisito fundamental es que esta ha de ser destinada a bebidas gaseosas ya que soporta mayores presiones que las destinadas a otras bebidas. A su vez, se eliminarán todas las etiquetas publicitarias con el fin de que el cuerpo resulte lo más liso posible.

**Recomendación: Usar botellas de 1,5 litros y mantener un rango de presión entre las cuatro y cinco atmósferas por seguridad.*



(a) Botella destinada a bebidas gaseosas (b) Botella destinada a bebidas no gaseosas

Figura 4.1: Comparación de botellas de PET
Imágenes de mediateca personal

- **Filamento PLA.**

Para la impresión de las piezas 3D, como el cono o las aletas.

4.3. RECURSOS Y MATERIALES

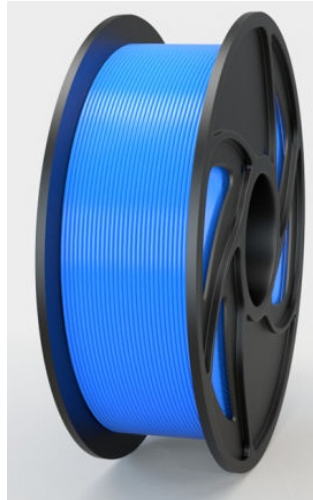


Figura 4.2: Filamento PLA para impresión 3D

Figura obtenida en: *Made-in-china.com*, <https://es.made-in-china.com/>

***Nota:** Si no se dispone de impresora 3D, puede usarse láminas delgadas de PVC en su defecto para las aletas y otra botella de PET para el cono.

■ **Plastilina.**

Su finalidad es la de lastre o contrapeso.



Figura 4.3: Plastilina

Figura obtenida en: *Distrimar.es*, <https://www.distrimar.es/>

■ **Tela de un paraguas y cordones.**

Ambos utilizados para la construcción del paracaídas.

4.3. RECURSOS Y MATERIALES



(a) Tela de paraguas reciclado



(b) Cordones

Figura 4.4: Materiales para la construcción del paracaídas
Figuras obtenidas en: [Coloreart.net](https://www.coloreart.net/), <https://www.coloreart.net/> y: [WikiPedia.org](https://es.wikipedia.org/), <https://es.wikipedia.org/>

■ Láminas de madera, hembrillas y cadena

Para la construcción de la plataforma de lanzamiento (ver actividad ??)



(a) Láminas de contrachapado



(b) Hembrilla



(c) Cadena de hierro

Figura 4.5: Materiales para la construcción de la plataforma de lanzamiento
Figuras obtenidas en: [Amazon.es](https://www.amazon.es/), <https://www.amazon.es/>

■ Boquilla de riego, tapón de corcho, alambre

Estos elementos tienen la finalidad de construir el sistema de propulsión. La boquilla de riego se integrará en el tapón de corcho percutiendo un orificio en la misma mientras que al alambre se le dará forma de diapasón como

4.4. ACTIVIDADES

se indica en la figura 4.6, donde en su extremo de una punta se atará un cordón que al tirar del mismo liberará el mecanismo.



Figura 4.6: Materiales para la construcción del sistema de propulsión
Figuras obtenidas en: Amazon.es, <https://www.amazon.es/>

4.4. Actividades

4.5. Secuenciación

Con el fin de mejorar la organización de los objetivos y tareas a realizar, se desarrolló un diagrama de Gantt [26] en el que se detalla para cada una de las distintas tareas, el tiempo asignado:

4.5. SECUENCIACIÓN

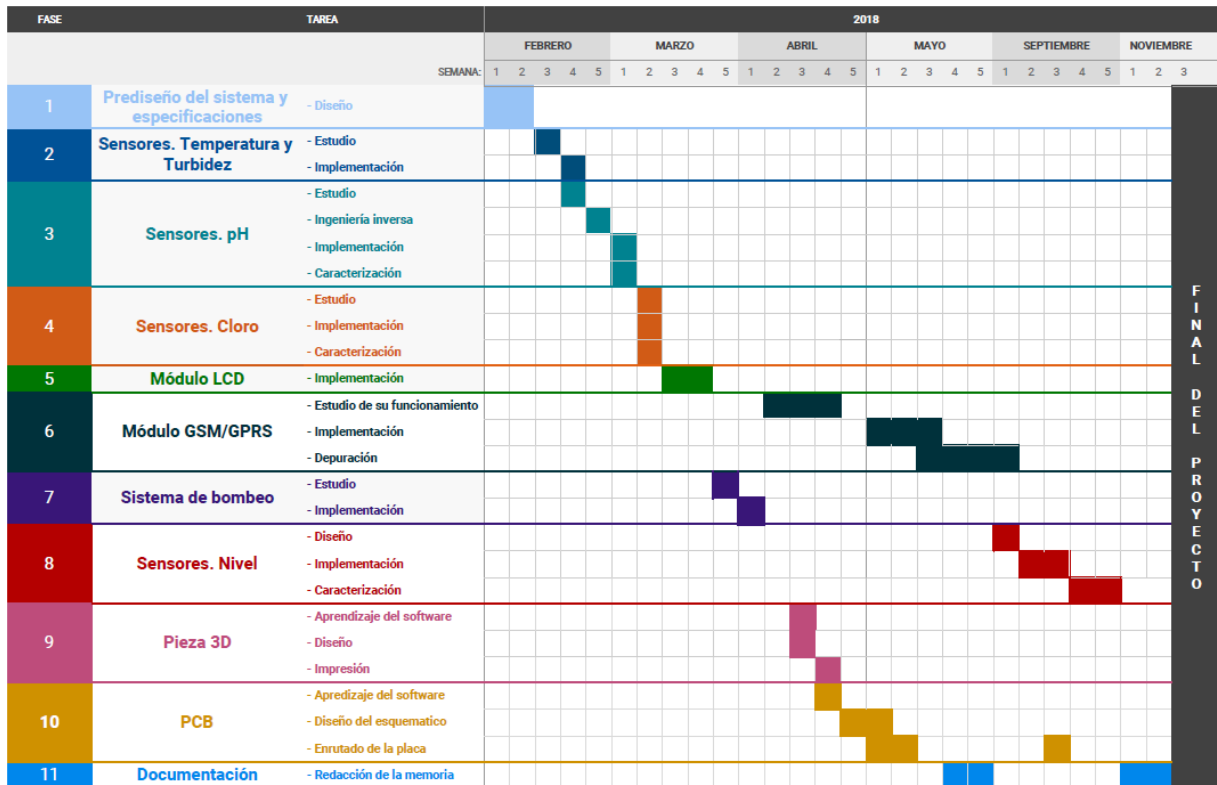


Figura 4.7: Diagrama de Gantt del proyecto

Bibliografía

- [1] A. Besada Estévez. *Las TIC y su impacto en la sociedad*. Visitado el 18/05/2020. URL: <http://stellae.usc.es/red/blog/view/111106/las-tic-y-su-impacto-en-la-sociedad>.
- [2] A. Huertas Montes y A. Pantoja Vallejo. “Efectos de un programa educativo basado en el uso de las TIC sobre el rendimiento académico y la motivación del alumnado en la asignatura de Tecnología de educación secundaria”. En: *Educación XXI* 19(2) (2016). DOI: <https://www.redalyc.org/pdf/706/70645811009.pdf>.
- [3] Colegio CEU Montepincipe. *Beneficios de desarrollar las competencias transversales*. Visitado el 19/05/2020. URL: <http://www.colegioceumontepincipe.es/blog2/8484-2/>.
- [4] Fritzing. *Fritzing*. Visitado el 10/05/2020. URL: <http://fritzing.org/home/>.
- [5] Ultimaker. *Ultimaker Cura*. Visitado el 10/05/2020. URL: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>.
- [6] Autodesk. *Autodesk Tinkercad*. Visitado el 31/05/2020. URL: <https://www.tinkercad.com/>.
- [7] SolidWorks Education. *Guía del estudiante para el aprendizaje del software SolidWorks®*. Concord, Massachusetts: Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 2010.
- [8] B.O.E. “Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.” En: *Boletín Oficial del Estado* 3 (2015). DOI: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>.

BIBLIOGRAFÍA

- [9] E. Vázquez Cano. "El tratamiento interdisciplinar de lo eco-sostenible en la enseñanza secundaria: Un estudio de casos". En: *Profesorado. Revista currículum y formación del profesorado* 16(2) (2012). DOI: <https://www.redalyc.org/pdf/567/56724395010.pdf>.
- [10] F.A.I. *Código deportivo para la implementación de proyectos*. Visitado el 24/05/2020. URL: <https://www.fai.org/page/guidelines-project-implementation>.
- [11] Asociación Pasión por Volar. *Diploma al Modelismo Aeroespacial Español*. Visitado el 24/05/2020. URL: <http://www.pasionporvolar.com/diploma-al-modelismo-aeroespacial-espanol/>.
- [12] Water Rocket Challenge. *National Physical Laboratory*. Visitado el 12/05/2020. URL: <https://www.npl.co.uk/water-rockets>.
- [13] Japan Aerospace Exploration Agency. *Space Education Center*. Visitado el 14/05/2020. URL: <http://edu.jaxa.jp/en/>.
- [14] A. Gil y S. Camprecios M. R. Vicent. "Cohetes de agua. La parte divertida de las Leyes de Newton." En: *Modelling in Science Education and Learning* 10(1) (2017). DOI: <https://polipapers.upv.es/index.php/MSEL/article/view/6580/7240>.
- [15] J. O. Murcia Piñeros. "Estudio de la trayectoria de un cohete de tres etapas". En: *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia* (2012). DOI: <http://bdigital.unal.edu.co/9665/1/01189479.2012.pdf>.
- [16] F. A. Galindo Herrera y J. O. Calderon Rojas. "Diseño estructural y aerodinámico de un cohete sonda para ser usado en la adquisición de variables atmosféricas." En: *Universidad Libre de Colombia* (2016). DOI: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9471>.
- [17] D. Blanco Navarro y M. A. Rodríguez Valverde. *Fundamentos físicos de la ingeniería*. Madrid: McGraw-Hill, 2013.
- [18] H. Romero G. y Danilo. "Diseño y construcción de un dispositivo que despliega de forma autónoma el paracaídas de un vehículo aéreo no tripulado." En: *Fundación Universitaria Los Libertadores* (2018). DOI: <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1653>.
- [19] Los-cohetes-8k. *Nociones de estabilidad para modelos espaciales*. Visitado el 07/05/2020. URL: <http://los-cohetes.8k.com/nocion/estabilidad.htm>.

BIBLIOGRAFÍA

- [20] B.O.J.A. “Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía.” En: *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía* 122 (2016). DOI: https://www.juntadeandalucia.es/eboja/2016/122/BOJA16-122-00019-11633-01_00094130.pdf.
- [21] ASDE Scouts de Andalucía. *Atalanta* Nº 638. Visitado el 30/05/2020. URL: <http://www.soyscout.es/webs/ficha.php?id=403&asoc=asde>.
- [22] GranaSAT. *GranaSAT, Electronics Aerospace Group*. Visitado el 30/05/2020. URL: <https://granosat.ugr.es/>.
- [23] I.E.S Trevenque. *Instituto de Educación Secundaria Trevenque*. Visitado el 30/05/2020. URL: <https://www.elorienta.com/trevenque/>.
- [24] Arduino. *Arduino Nano*. DOI: <https://arduino.cl/arduino-nano/>.
- [25] A. Fernández March. “Metodologías activas para la formación de competencias”. En: *Educatio siglo XXI* 24 (2006). DOI: <https://revistas.um.es/educatio/article/view/152/135>.
- [26] Roy Gelbard, Nava Pliskin e Israel Spiegler. “Integrating system analysis and project management tools”. En: *International Journal of Project Management* 20.6 (2002), págs. 461-468.