

R-18.641

GNOMÓNICA POPULAR

Ó EL

MÉTODO MAS SENCILLO Y MAS EXACTO

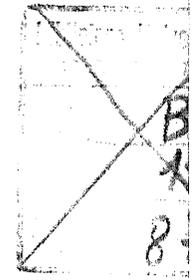
PARA TRAZAR

LOS CUADRANTES SOLARES

POR EL

P. Blas Ainsa,

de las Escuelas Pías.

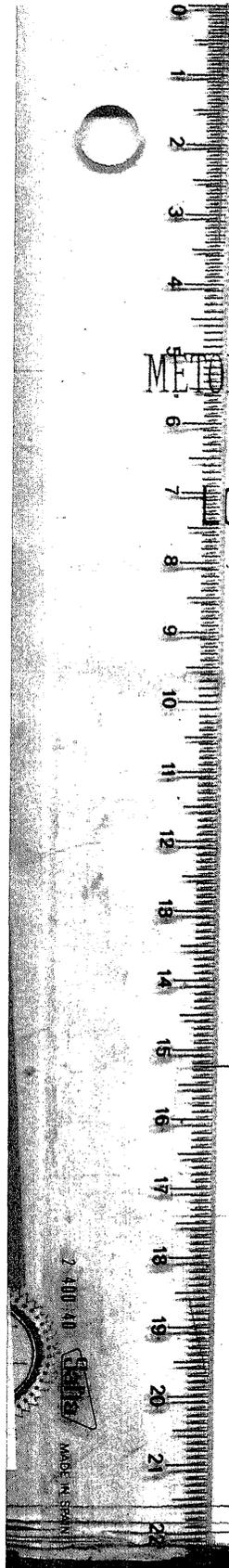


MADRID

CÁRLOS BAILLY-BAILLIERE

Plaza de Topete (antes de Santa Ana), número 40.

1875.



R-18.671

GNOMÓNICA POPULAR

Ó EL

MÉTODO MAS SENCILLO Y MAS EXACTO

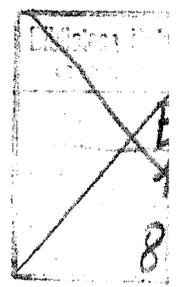
PARA TRAZAR

LOS CUADRANTES SOLARES

POR EL

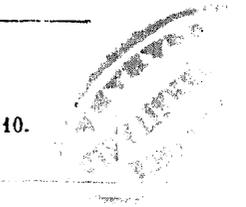
P. Blas Ainsa,

de las Escuelas Pías.



MADRID
CÁRLOS BAILLY-BAILLIERE
Plaza de Topete (antes de Santa Ana), número 10.

1875.



PRÓLOGO.

Es propiedad del Autor. Hay contraseñas,
y está hecho el depósito exigido por la ley.

Como no abrigó pretensiones de ningún género, estoy muy lejos de escribir un prólogo pomposo. Convencido como estoy de que nada hay digno de él en esta obrita, como no sea mi buen deseo, y lo sublime de la ciencia cuyos principales y más útiles problemas me propongo resolver; me concretaré á exponer el método bajo el cual me decidí á escribirla, indicando ligeramente su utilidad.

Si la inteligencia y comprensión de las ciencias se facilita extraordinariamente, empleando un buen método, este llega á hacerse indispensable en aquellas, que, como la Gnomónica pertenecen casi exclusivamente al dominio de las matemáticas.

Un conjunto de operaciones gráficas arredra á un novel, que por primera vez maneja el compás y el cartabón, cuando aquellas son muy numerosas; de la misma manera que desalientan al ejercitado, si las encuentra sin orden ni concierto, por vehementemente que sea en ambos el deseo de obtener su resultado.

Hé ahí las dos verdades que he procurado tener presentes: la primera al principiar esta obrita, y la segunda en todo el curso de ella; creyéndome precisado en su virtud á separarme del método que hasta hoy se ha seguido en la resolución gráfica de los problemas de esta ciencia; sin que esto signifique que voy á escribir algo de nuevo y desconocido sobre el asunto.

Con respecto á su utilidad, llamaré y esto me basta, la atención de mis lectores hácia el lamentable estado en que se encuentran los relojes públicos de nuestras poblaciones.

Y ¿cuál es la causa de ese mal tan generalmente lamentado? ¿Se debe acaso á la negligencia de los encargados, ó á la defectuosa construcción de los relojes mismos que dirijen? No: podrá haber todo el cuidado posible para que los que vivimos sujetos á las indicaciones de un reloj público, no seamos el juguete de sus anomalías; podrá también ser el reloj de una construcción esmerada, y existir sin embargo los defectos que censuramos.

La dirección de un reloj, y esta es la verdadera causa, requiere al menos las nociones de Gnomónica, y estas nociones faltan en la generalidad sin que pueda atribuirseles descuido en adquirirlas por la carencia de un libro que por sus condiciones sea adecuado al objeto.

Ojalá que nuestra obrita alcanzase á llenar este vacío! Aunque así no sea, espero que el público acogerá indulgente mi trabajo, si en él atiende tan solo á mi buen deseo, que es el de haber procurado generalizar, en particular entre los poco versados en la Geometría, una ciencia tan interesante por su utilidad como por su belleza, valiéndome para ello de los sencillos y exactos procedimientos que proporciona la Trigonometría.

GEOMETRÍA.

Queda ya consignado en las últimas líneas del prólogo, cual sea el objeto preferente de esta obrita.

Su utilidad vendría á ser casi nula para un buen número de personas, si á la resolución de sus importantes problemas no precediese la de algunos de la Geometría, que siendo su fundamento, les sirven como de natural introducción.

Así pues, á los que carecen de conocimientos geométricos, les será de todo punto inútil leer, y todavía más, querer obtener el resultado de uno solo de los problemas de la Gnomónica; si de antemano no se ponen en el caso de resolver con perfección, siquiera sea los problemas de Geometría que siguen á continuación.

I.

Definiciones generales.

En medio del espacio inmenso y sin límites que llamamos *Universo*, todo cuerpo ocupa un lugar determinado ó impenetrable que se llama *extensión*, siendo tres sus dimensiones; *latitud*, *longitud* y *grueso*.

Los límites de la extensión de un cuerpo se llaman superficies: y si aplicando á la superficie una recta en diferentes direcciones coincide siempre con ella en toda su longitud, entonces aquella se llama plana: en todo caso, la superficie tiene las solas dos dimensiones de latitud y longitud.

La comun interseccion ó límite de dos superficies constituye la *línea*, que es la extensión en sola longitud.

El límite de una línea no tiene latitud, longitud ni grueso: este es el *punto* que figuramos materialmente con el punto de la escritura.

II.

Lineas rectas.

Línea recta es la que tiene todos sus puntos en una misma dirección.

APLICACION. Apoyados en esa definición, veamos si la regla material de que nos servimos para trazar las rectas está bien construida. Trácese al efecto con el borde ó arista AB de ella una línea (fig.^a 1.^a). Désele despues media vuelta á la regla haciéndola girar sobre el borde AB, y aplíquese de nuevo este mismo borde á la línea que hemos trazado. A consecuencia de este cambio, la cara ó plano de la regla que antes se hallaba aplicada sobre el papel, será ahora la superior; y la que era superior y visible en la primera posición, será despues la inferior; marchando el segundo borde CD á situarse en EF. Si en esta nueva posición coincide en toda su longitud el borde AB con la línea trazada, esta y todas las que tracemos con el mismo borde serán rectas.

Dos ó mas rectas comparadas entre sí, pueden ser *perpendiculares*, *oblicuas* y *paralelas*.

III.

Perpendiculares.

Dos rectas son perpendiculares entre sí, cuando la una cae ó se levanta sobre la otra sin inclinarse mas á un lado que á otro.

PROBLEMA. Por un punto dado trazar una perpendicular á una recta.

RESOLUCION. Examinando las diversas posiciones que puede tener el punto respecto de la recta, hallamos que puede estar en la misma recta, en un extremo y fuera de ella.

CASO 1.^o En un punto dado de una recta, levantar una perpendicular.

Sea la recta AB y C el punto (fig.^a 2.^a). Tómense en la recta, y á un lado y á otro del punto C las dos distancias arbitrarias pero iguales CD y CE: hágase centro en D y en E, y con un mismo radio trácense los dos arcos *mm*: la recta trazada por la interseccion de estos dos arcos y por el punto C, será la perpendicular á la recta AB.

2.^o Levantar una perpendicular en el extremo de una recta.

RESOL. Prolónguese la recta cuanto se quiera, y así queda este caso reducido al anterior.

3.^o Desde un punto dado fuera de una recta, bajar á esta una perpendicular.

RESOL. Sea AB la recta y C el punto (fig.^a 3.^a) Hágase centro en C, y con un radio arbitrario, pero de longitud suficiente para poder cortar á la recta AB, trácese un arco: describanse desde los puntos *mn* donde el arco ha cortado á la recta y con un mismo radio los arcos *pq*: tírese una línea recta por su interseccion y por el punto C, y esta será la perpendicular pedida.

IV.

Rectas paralelas.

Cuando dos ó mas rectas situadas en un plano no se cortan por mas que se prolonguen, son paralelas.

PROBLEMA. Trazar por un punto dado una paralela á una recta.

RESOL. Sea AB la recta y C el punto (fig.^a 4.^a). Hágase centro en este punto, y con una abertura cualquiera de compás, trácese un arco *mn*: desde el punto *m* y con el mismo radio describese despues otro arco *pg*: tómese en el arco *mn* la porcion *mr* igual á la *pC*, y trazando por C y por *r* una recta, esta será la paralela á la AB.

V.

Rectas verticales, horizontales é inclinadas.

Llámase *vertical* la línea que describe un punto material descendiendo por efecto exclusivo de la gravedad. A ser nuestro globo una esfera perfecta y homogénea, esa línea sería la prolongacion de uno de los radios terrestres. Despréndese de esta definicion, que para determinar la vertical de un punto cualquiera de la tierra, podremos valernos del sencillo aparato llamado *plomada*.

Una *horizontal* es perpendicular á la vertical definida anteriormente.

El nivel llamado de albañil, que es una aplicacion de la proposicion anterior, determina una horizontal, uniendo por medio de una recta dos puntos cualesquiera de su base, cuando el instrumento se halla colocado de modo que la plomada que le acompaña pasa por el punto medio de la misma base. Así tambien el nivel de agua determina una horizontal, uniendo dos puntos cualesquiera de la superficie del líquido que se eleva en cada uno de sus dos brazos.

Pero otro medio mas sencillo á la par que mas exacto para obtener líneas horizontales nos suministra el nivel llamado de aire.

Si tomamos un tubo de cristal cilíndrico en su parte exterior pero ligeramente curvo-concavo en la interior, y le llenamos casi en su totalidad de un líquido, cerrando despues á la lámpara su extremidad abierta, la pequeña porcion de aire que en él ha quedado, formará una burbuja ó ampolla, ocupando, cualquiera que sea la posicion del tubo, suponiendo que con ella coincida el punto mas alto de la curvatura interior, la parte mas alta de él en virtud de su menor peso específico ó densidad. Segun esto, si le hacemos tomar una posicion media entre los dos extremos, todas las generatrices del cilindro, ó en otros términos todas las rectas que podemos imaginar trazadas en su superficie paralelamente al eje, serán paralelas al horizonte. Esta es la parte mas esencial del nivel de aire: el tubo metálico que envuelve al de cristal para protegerle, y la plancha sobre que ambos se ajustan, son los accesorios de este precioso aparato, tan usado hoy dia por el que maneja los delicados instrumentos de la Astronomía, Geodesia y Topografía, como por el modesto albañil al echar los cimientos de un edificio cualquiera.

Despréndese de cuanto llevamos dicho, que es lo que habremos de hacer para el acertado manejo de este nivel. ¿Deseamos por ejemplo, trazar una horizontal en la superficie de un muro? Aplíquese, pues, á él una regla, de manera que colocado el nivel sobre ella, ocupe la burbuja de aire el punto medio del tubo. ¿Queremos obtener la horizontalidad de un plano? Supuesto que dos rectas que se cortan, le determinan, coloquemos sobre él el nivel en dos ó mas direcciones que formen un ángulo cualquiera entre sí; y si en todas estas direcciones ocupa la burbuja el punto medio, el plano será horizontal. Si el nivel no excede de regulares

dimensiones, convendría para salvar las pequeñas irregularidades, que el plano pueda tener, aplicar sobre él una regla, y sobre esta el nivel.

VI.

Circunferencia. Rectas que se consideran en ella.

Circunferencia es una curva plana y cerrada cuyos puntos equidistan de otro situado dentro de ella llamado *centro*.

Toda recta, que partiendo del centro, termina en un punto de la circunferencia, es un *radio*: y *diámetro* la que pasando por el centro, termina en dos puntos opuestos de la circunferencia, dividiéndola en dos partes iguales llamadas *semicircunferencias*.

Segun esto, dos diámetros si son perpendiculares entre sí, la dividirán en cuatro partes iguales, llamándose cada una de ellas *cuadrante*.

Arco es una porción cualquiera de la circunferencia: y *cuerda* la recta que une su dos extremos.

Secante es la recta que corta á la circunferencia: y *tangente* la que solo tiene un punto comun con ella. Esta y el radio son perpendiculares entre sí; proporcionándonos esta verdad el medio de trazarla en un punto dado de la circunferencia.

La circunferencia se ha considerado desde muy antiguo dividida en 360 partes iguales llamadas *grados*, cada grado en 60 minutos, este en 60 segundos etc..., indicándose abreviadamente cada una de estas partes de la manera siguiente: 20 grados 30 minutos y 15 segundos = $20^{\circ} 30' 15''$.

VII.

Ángulos.

Llámase *ángulo* la porción indefinida de plano compren-

dida por dos rectas que se unen en un punto: estas rectas se llaman *lados del ángulo*, y el punto donde se cortan recibe el nombre de *vértice*. Consecuencia inmediata de la definición es, que el valor del ángulo no varía porque varíe la longitud de sus lados, que debemos suponer prolongados indefinidamente.

En el caso principal y notable de que las dos rectas que componen el ángulo sean perpendiculares, se llama *recto* el ángulo, siendo este la unidad de medida de los ángulos, y su valor, como hemos dicho ya, la cuarta parte de la circunferencia, ó 90° .

Todo ángulo cuyo valor es menor que 90° , se llama *agudo*: y lo que en tal caso le falte para valer un recto, será el *complemento* de aquel ángulo. El complemento, por ejemplo, del ángulo $41^{\circ} 39' 15''$ será $=48^{\circ} 20' 45''$. Cuando por el contrario un ángulo excede de 90° , se llama *obtuso*: y *suplemento*, su resta ó diferencia con dos rectos ó 180° . El suplemento, pues, de 91° , será $=89^{\circ}$.

VIII.

Medida de los ángulos.

El valor de un ángulo es igual al de su arco correspondiente, entendiéndose por tal el trazado desde su vértice y comprendido entre sus lados: por tanto, abstracción hecha de la mayor ó menor exactitud que queramos obtener en su medida, ese arco podemos trazarlo con un radio arbitrario, supuesto que como ya hemos dicho, el valor del ángulo no depende de la longitud de sus lados: describamos, pues, un cuadrante y mejor dos ó una *semicircunferencia*, y dividámosla en 180 partes iguales (fig.^a 5).

Hecho esto, supongamos, que queremos medir el ángulo BAC (fig.^a 6). Trácese desde su vértice A el arco *mn* con un

radio es igual al de la semicircunferencia: tómesese la cuerda *co* de este arco, y colocándola sobre la semicircunferencia, de manera que uno de sus extremos se halle en el punto *cero* de la division, véanse los grados y fraccion de grado que dicha cuerda contiene.

En pocos párrafos hemos condensado las nociones de Geometría de que mas especialmente harémos uso en adelante.

Tratar de los cuerpos ó volúmenes, de las superficies, y aun de las rectas por completo, sería olvidar nuestro objeto principal. Si en el curso de los artículos en que vamos á exponer lo que hay de mas útil en la Gnomónica, ocurriese un problema de Geometría no resuelto en las nociones anteriores, le darémos á conocer por vía de nota.

ESFERA CELESTE.

Definicion de los mas importantes círculos que en ella se consideran.

Si elevados algun tanto sobre los accidentes del terreno, y desde un punto determinado examinamos durante el trascurso de algunas horas esa inmensa bóveda que nos rodea, aplazada algun tanto al parecer en los puntos de su mayor altura, y tachonada de innumerables puntos luminosos dispersos unos, agrupados otros, y todos esparcidos por ella con aparente y agradable confusion; podremos observar entre otros hechos de marcado interés é importancia los dos siguientes:

1.º Que todos esos cuerpos se mueven al parecer, supuesto que los más aparecen en el horizonte, se elevan insensiblemente en el espacio, y empiezan á descender desde el punto medio de su carrera para ocultarse despues: algunos otros menores en número y situados todos hácia el Norte, si bien no desaparecen, se les ve sin embargo girar, debiéndose su continua permanencia sobre el horizonte á la pequeñez del radio del círculo que trazan en su movimiento.

2.º Que la Polar, una de esas estrellas que en segundo término acabamos de citar, debe encontrarse muy próxima al centro del movimiento de todos los cuerpos que hermoseen la bóveda celeste, supuesto que permanece casi inmovil, siéndonos su movimiento insensible, á no observarla por largo espacio de tiempo en una direccion fija y determinada.

No podemos detenernos en analizar con alguna minuciosidad estos hechos, y apuntar las consecuencias que de su

exámen surgirían: esto sería apartarnos demasiado del objeto principal del presente capítulo.

Diremos solo, y como de paso, que ni existe esa bóveda celeste, aunque conservemos su idea como muy adecuada para mejor espresarnos, ni por consecuencia los astros se hallan á ella ligados de un modo material, ni estos giran como se nos figura llevados de las apariencias al rededor de la Tierra. ¿A qué detenernos aquí á consignar las numerosas pruebas astronómicas, físicas, de analogía y de congruencia que hechan por tierra dichas apariencias? Pasaron ya desde el inmortal Copérnico, para no volver jamas, las viejas teorías que sobre ese pretendido movimiento defendieron con tanto calor los antiguos.

El movimiento de todos esos cuerpos que rodean á la tierra proviene simplemente del de rotacion de nuestro globo al rededor de un *eje* que atravesándole por su centro va á cortar á la esfera celeste en dos puntos opuestos, muy próximo uno de ellos á la citada Polar. A consecuencia de ese simple movimiento atribuimos á los objetos que rodean nuestro globo el de que él mismo se halla poseído: ilusion óptica, idéntica á la que nos hace creer inmóviles, cuando arrebatados por una locomotora, y arrastrados, por decirlo así, en direccion contraria á todo lo que nos rodea, vemos los objetos próximos á la vía pasar y desaparecer con pasmosa rapidez.

Pasemos con lo dicho á establecer algunas definiciones necesarias bajo el punto de vista de su inmediata aplicacion á la Gnomónica.

Dijimos ya, cual era la recta designada con el nombre de *vertical*. Esta recta indefinidamente prolongada en sus dos sentidos, corta á la esfera celeste en dos puntos llamado *zenit* el superior, y el inferior *nadir*.

Si por el centro de la Tierra suponemos trazado un plano perpendicular á la vertical, tendremos el *horizonte racional*

que bien podemos suponer confundido con el trazado por el pie de la vertical en la superficie de la Tierra, en virtud de la pequeñez de la distancia que media entre ambas comparada con la que nos separa de los astros. Al situarse estos en dicho plano, se verifican sus ortos y ocasos.

Meridiano es el plano, que pasa á la vez por la vertical y por el eje de nuestro globo. Divide á este, como es fácil concebir, en dos mitades iguales ó hemisferios, llamados oriental y occidental: aquel corresponde á los puntos por donde nacen los astros para un observador situado en dicho meridiano, y este aquellos por donde se ocultan.

El *ecuador* divide tambien á la Tierra en dos porciones iguales, *Norte* ó *boreal* la una y *Sur* ó *austral* la otra; estando determinado por un plano perpendicular al eje de rotacion, pasando al mismo tiempo por el centro de nuestro globo. Tanto este plano como el del meridiano determinan sobre la esfera celeste dos circunferencias máximas. Cuando el Sol se sitúa en la mitad superior de esta última es el *medio día*, y cuando atraviesa la del ecuador, los días son iguales á las noches, llamándose los dos puntos en que la corta *puntos equinociales de primavera* el uno y el otro de *otoño*.

Las últimas líneas del párrafo anterior consignan, implícitamente al menos, que el plano de la curva que el Sol describe en apariencia con su movimiento ánuo, está inclinado respecto del ecuador.

Así es efectivamente: la *eclíptica*, pues que así se denomina esa grande curva, forma con él un ángulo de 23° 27', que aunque variable con el trascurso del tiempo, lo es solo dentro de ciertos y estrechos límites.

Los nombres de las costelaciones zodiacales, puesto que se hallan disminuidas por todos los puntos de la esfera, que el Sol recorre en su carrera ánuo, pueden servir para indicarnos el que ocupa en un día dado. A este fin se dió desde muy antiguo á 12 signos llamados del zodiaco el mismo

nombre que tienen aquellas costelaciones, y á cada uno de ellos una porción de arco equivalente á 30°, que son los que resultan de dividir por 12 los 360° de la eclíptica, haciendo por último, que el *ceró* de la graduacion corresponda al principio de una de ellas llamada Aries ó Carnero.

Así pues, bastará que indiquemos el órden sucesivo de dichos signos, juntamente con la relacion que tienen con los diferentes meses del año, para que el lector consiga el objeto propuesto con tal division. Hélo aquí.

Enero. . .	20	entra en	Aquario.
Febrero. .	18	»	» Piscis.
Marzo. . .	20	»	» Aries.
Abril. . .	20	»	» Tauro.
Mayo. . .	21	»	» Géminis.
Junio. . .	21	»	» Cáncer.
Julio. . .	23	»	» Leo.
Agosto. .	23	»	» Virgo.
Setiembre.	23	»	» Libra.
Octubre. .	23	»	» Escorpio.
Noviembre	22	»	» Sagitario.
Diciembre	21	»	» Capricornio.

A consecuencia de la inclinacion de la eclíptica respecto del plano ecuatorial, el Sol oscilará en su movimiento, ora hácia el Sur, ora hácia el Norte. La distancia que en una época cualquiera le separa del ecuador medida sobre un círculo máximo, que pasando por su centro, caiga perpendicularmente sobre aquel, se llama *su declinacion*; distinguiéndose esta con los nombres de N. ó boreal y S. ó austral, segun que el Sol se halle en el hemisferio de aquél ó de este nombre.

La division arriba consignada puede tambien darnos una medida aproximada de esta declinacion en los puntos especialmente mas notables de la eclíptica. Si el Sol, por ejem-

plo, entra en *Aries* ó en *Libra*, la declinacion será *ceró*; porque son puntos en que la eclíptica corta al ecuador. Si despues de haber recorrido *Aries*, *Tauro* y *Géminis*, entra en *Cáncer*, como éste punto coincide con el de la máxima oblicuidad, la declinacion será=23° 27'. Este mismo será su valor, cuando despues de seis meses llegue á *Capricornio*, aunque aqui es *Sur* y allí *Norte*.

Su distancia al ecuador en los restantes signos del Zodiaco es: de 20° 10' en el principio de *Aquario*, *Géminis*, *Leo* y *Sagitario*; y de 11° 29' en el de *Piscis*, *Tauro*, *Virgo* y *Escorpio*.

Todos los planos, que siguen la direccion del eje de rotacion de la Tierra, son *planos horarios*: de ellos tratarémos un poquito mas adelante con ocasion mas oportuna.

La porcion de meridiano comprendido entre un punto de la Tierra y el ecuador espresada en grados, minutos y segundos, se designa con el nombre de *latitud*; que como la declinacion del Sol puede ser N. ó S.: y con el de *longitud*, la que média en el ecuador entre dicho meridiano y el que pasa por otro punto notable, por el observatorio de Madrid por ejemplo: pudiendo esta ser oriental ú occidental, segun que el punto en cuestion se halle al *Este* ó al *Oeste* respecto del meridiano tomado como punto de partida.

La latitud y la longitud son las dos coordenadas que en la generalidad de los casos bastan para fijar la posicion de un punto sobre la superficie de la Tierra. Cuando se quiera, empero, dar una idea de la índole de su climatología, de su flora agronómica, ó cuando dicho punto por su importancia sea elegido para vértice en una operacion geodésica, será indispensable entonces añadir una tercera coordenada: su *altitud* ó altura sobre la superficie del mar.

DEFINICION Y PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA GNOMÓNICA.

Gnomónica es la ciencia que enseña á trazar los cuadrantes solares.

Cuadrante solar es el que nos indica la hora por medio de la coincidencia de la sombra de un stilo ó gnomon con líneas que siempre son una representacion de los círculos horarios de la esfera celeste.

El *stilo* ó *gnomon* es una barra inflexible colocada paralelamente al eje de nuestro globo.

Previas estas indispensables definiciones indiquemos el principio fundamental que nos hará entrever los procedimientos que habría que seguir para trazar sobre una superficie dada las líneas horarias.

1. Sea EE (fig.^a 7) una recta paralela al eje de la Tierra. Si se tiene en cuenta que los seis mil kilómetros que mide la longitud del radio terrestre, son nada comparados con los ciento cuarenta y seis millones que nos separan del Sol, podremos considerar sin el menor error práctico, que esa recta EE representa el mismo eje terrestre; y que *c* un punto de ella, es el centro de nuestro planeta.

Ahora bien: supongamos que el Sol gira al rededor de la citada recta y punto, del mismo modo que lo verifica al rededor del eje y centro terrestres. Resultará, que el punto *c* será el centro de la curva diurna que el Sol describe en su movimiento aparente, y nuestro objeto quedará reducido á dividirla en partes iguales, para obtener así otras tantas divisiones del tiempo que el Sol emplea en describirla.

2. Hagamos pasar al efecto por la recta EE y en su direc-

cion un plano vertical, que es la posición indicada por un hilo de plomada en estado de suspension. Sea éste plano el P: si lo suponemos indefinidamente prolongado en todas sus direcciones hasta que encuentre á la esfera celeste, se comprende desde luego que la habrá dividido en dos partes iguales, y que la seccion superior contendrá todos los puntos mas altos de las curvas descritas por el Sol durante el año; de la misma manera que el inferior contendrá los diametralmente opuestos, ó los mas bajos. Será pues un plano meridiano, que nos indicará los instantes en que el Sol se encuentre en las mitades de su carrera diurna y nocturna, ó las 12 horas del dia y las 12 de la noche.

3. Siendo el movimiento del Sol al rededor del eje EE perfectamente uniforme, hagamos pasar por él once planos mas, de manera que los ángulos que formen entre sí, sean de 15° cada uno; y con esto habremos dividido la esfera en 24 partes iguales, y en otras tantas divisiones el tiempo empleado por el Sol en completar una vuelta.

4. Expuestas ya estas sencillas nociones que constituyen el principio fundamental de la Gnomónica, veamos como ese eje y esos planos pueden proporcionarnos un cuadrante solar sobre cualquiera superficie, advirtiendo de paso que ya por sí solos, como se deduce de cuanto dejamos apuntado en los números anteriores, forman un verdadero cuadrante, marcando las horas en el momento en que, colocándose el Sol con su movimiento progresivo sobre cada uno de ellos, llega por muy breve espacio de tiempo á alumbrar á la vez las dos caras de un mismo plano, proyectándose la sombra de este sobre el eje EE, constituido por la comun interseccion de todos los planos.

5. Sea la superficie sobre la que deseamos describir el cuadrante, plana y horizontal.

Tomemos un punto en el eje EE, (fig.^a 8), y para que sin esfuerzo de imaginacion puedan mis lectores darse cuenta

de las secciones que tratamos de representar, dibujamos, aunque en perspectiva, los planos de la fig.^a 7 en seccion perpendicular al eje: por dicho punto imaginemos un plano PQ perpendicular al vertical. La interseccion de estos dos planos será una recta, que como originada por la seccion del plano meridiano, será la meridiana del cuadrante horizontal ó la línea de las 12 horas. Cada uno de los otros planos dará asimismo una línea horaria, siendo las horas marcadas por la sombra del eje EE.

6. Estas secciones tan fáciles de concebir en el caso propuesto de que el plano sea horizontal, lo son asimismo para cualquiera otro plano, con solo imaginarlo cortando al eje EE segun la posicion á que haya de satisfacer por su situacion particular respecto del horizonte y del plano vertical meridiano.

7. Los procedimientos geométricos que ordinariamente se han adoptado en las obras de Gnomónica, para obtener en cada caso particular las proyecciones de los planos horarios, son en general si no difíciles, bastante numerosos al menos para que, multiplicándose hasta el resultado final los errores, aunque pequeños en cada una de las operaciones parciales á no trabajar con sumo cuidado, resulte un cuadrante poco exacto.

8. Habiendo por esta razon determinado, como ya dejamos consignado en el prólogo, seguir un método, que como proporcionado por la Trigonometría no puede ser ni mas exacto ni mas sencillo, y creyendo por lo tanto haber dicho lo suficiente sobre el principio fundamental de la Gnomónica; pasaremos á buscar sobre un plano horizontal la línea meridiana, que como ya hemos dicho, divide en dos partes iguales el tiempo que emplea el Sol en su movimiento diurno: línea indispensable y de absoluta necesidad, supuesto que de ella dependen en gran parte la situacion del gnomon y la de las líneas horarias.

PROBLEMA I.

Trazar una meridiana sobre un plano horizontal.

9. Cerciorados de antemano de que la superficie del plano llena la doble condicion de ser plana, y de hallarse situada paralelamente al horizonte, fijese sobre ella y hácia el lado que mira al *Sur* una varita metálica, terminada por una ancha plancha tambien de metal con un agujero de pequeño diámetro hácia su centro, y ennegrecida por la cara expuesta á los rayos del Sol.

10. Sea AB el plano horizontal (fig.^a 9): proyéctese sobre él por medio de la plomada (*) el centro del pequeño agujero de la plancha: sea O este punto proyectado. Desde este punto, como centro, describase una gran porcion de circunferencia con un rádio de longitud determinada, de un metro, por ejemplo, de dos, tres..., ó de un decímetro, dos, tres..., si el plano no midiese la menor de las longitudes anteriores.

11. Hecho esto, márquese por la mañana el punto en que el centro del espacio luminoso proyectado por el agujerito

(*) Esta proyeccion puede tambien obtenerse por el procedimiento geométrico siguiente:

Bájense al plano con una misma abertura de compás desde el centro del agujero de la plancha tres rectas iguales. Sean *a*, *b* y *c* (fig.^a 10) los pies de las tres rectas. Unanse estos puntos por medio de las dos rectas *ab* y *bc*: trácese en el punto medio de estas las perpendiculares *df* y *em*: y el punto O donde se corten, será el pié de la perpendicular bajada al plano desde el agujero de la plancha.

de la plancha corta á la circunferencia. El Sol con su movimiento de elevacion sobre el horizonte continuará subiendo, hasta llegar al punto mas alto de su curva diurna, que es el situado en el meridiano: pasado este, empezará á descender, atravesando de nuevo el espacio luminoso la circunferencia, en el momento preciso de tener aquél sobre el horizonte la misma altura que habia alcanzado en el de la observacion de la mañana. Márquese, pues, con un punto: sea este n y c el señalado en la observacion de la mañana. Divídase el arco cn en dos partes iguales, y el punto medio m pertenecerá á la meridiana, la cual se obtendrá trazando una recta indefinida por este punto y por el centro O .

12. Esta sería la exacta meridiana, si el Sol, durante el intervalo de tiempo que média entre las observaciones de mañana y tarde, caminase por un mismo paralelo, perpendicularmente al eje de nuestro globo. Esto, empero, no es así: hallándose la trayectoria ó curva de la carrera ánuua del Sol situada sobre un plano, cuya inclinacion respecto del ecuador es de $23^{\circ} 27'$, el Sol se trasladará en ella con su movimiento diario trazando curvas, cuyos planos participarán necesariamente de una parte de ese máximun de inclinacion.

13. Tras de lo que precede, se sigue, como consecuencia bien palpable y fácil de comprender, que si el Sol marcha, por ejemplo, desde *Cancer* á *Capricornio*, ó el dia de la operacion es uno de los comprendidos entre el 21 de Junio é igual dia del de Diciembre, el punto marcado en la observacion de la tarde, estará mas próximo al meridiano, que el señalado en la de la mañana: porque hallándose el Sol un poco mas bajo á consecuencia de su movimiento hácia el polo austral, ha debido cortar antes la circunferencia: verificándose lo propio, aunque en sentido inverso, si la operacion tiene lugar entre el 21 de Diciembre y 21 de Junio, ó cuando el Sol asciende desde *Capricornio* á *Cancer*.

14. Con el fin, pues, de obtener la correccion, que por tal concepto debemos aplicar á la meridiana obtenida por el procedimiento arriba expuesto, insertamos á continuacion una tabla, que hemos calculado por la fórmula de Delambre, tom. I, pág. 565 de su *Tratado teórico-práctico de Astronomía*: advirtiendo, que los números que la forman, representan milímetros, por haber supuesto al formarla, que el radio de la circunferencia era de un metro, modificacion que hemos creido conveniente para presentar las correcciones con la mayor sencillez posible.

El uso de ellas exige el conocimiento prévio de la latitud del punto de observacion, y la mitad del tiempo que ha mediado desde el momento en que por la mañana se observa la interseccion del centro del espacio luminoso con la circunferencia, hasta el de la tarde.

15. Para que se comprenda mejor todo lo dicho, y no quede duda alguna sobre el modo de proceder en la acertada aplicacion de la correccion, que para cada caso particular dé la tabla, resolverémos un ejemplo.

Como se vé, no hay que deducir de estas dos cantidades la parte proporcional debida á los 15 minutos, que la mitad del tiempo entre las observaciones de la mañana y de la tarde excede á 2 horas: tendremos, pues, definitivamente la correccion=0.96=1 milímetro próximamente.

16. Para aplicar la correccion á la meridiana, téngase presente, como se deduce de la teoría mas arriba expuesta, que si el Sol sube desde *Capricornio* á *Cancer*, debe llevarse desde *m* (fig.^a 9) hácia *c* observacion de la mañana: y si baja desde *Cancer* á *Capricornio*, como en nuestro ejemplo, desde *m* hácia *n* punto perteneciente á la observacion de la tarde. Trácese una recta indefinida por el nuevo punto P y por el centro O, y esta será la exacta meridiana.

17. Si bien para mayor sencillez en la deduccion de las correcciones, hemos dado á estas la forma particular que resulta de suponer igual á un metro el radio de la circunferencia; no se crea, sin embargo, que esa modificacion es un óbice insuperable, que nos impida obtener la correccion en el caso de que hayamos trazado la circunferencia con un radio arbitrario.

El procedimiento por ningun concepto complicado es el siguiente: médase el rádi con el metro; exprésese su longitud en metros y sus decimales; búsquese en la tabla la correccion como si dicha longitud fuese de un metro, multiplíquense ambas cantidades, y el producto será la correccion que se busca.

Ejemplos.

1.º Sea la longitud del radio=3 decímetros, 5 centímetros y 7 milímetros, y la correccion deducida de la tabla=0.7 milímetros. El producto de 0.357 metros \times 0.7 milímetros=0.2499 milímetros, ó solamente 0.2 milímetros, despreciando, como de ningun valor, las tres últimas cifras decimales, será la correccion.

2.º Longitud del radio=2 metros y 3 milímetros: correc-

cion deducida de la tabla=1,3 milímetros. Producto de 2,003 \times 1,3=2,6 milímetros.

18. Réstanos solo para concluir hacer algunas advertencias.

1.ª Una meridiana será tanto mas exacta, cuanto mayor sea la altura del agujero de la plancha sobre el plano: pero esta altura debe guardar cierta relacion con la longitud de aquél. A no existir esta relacion, y siendo el defecto por exceso, ó por haberse colocado demasiado alto, llegará un dia, en que alcanzando el Sol menor altura sobre el horizonte por hallarse en signo inferior al que ocupaba en el de la operacion, caerá el espacio luminoso fuera del plano.

A fin de prevenir este descuido que haría inútiles todos los trabajos ulteriores, consúltese la siguiente tabla antes de fijar la plancha metálica sobre el plano. En ella, dada la longitud del plano, ó mas bien la de la distancia Oq (fig.^a 9), hallarémos la altura máxima que deberémos dar al agujero de la plancha.

Esta altura está en razon directa de la longitud Oq: es decir: que si esta longitud es mayor ó menor que la de un metro que dá la tabla, deberémos aumentar ó disminuir en la misma razon la cantidad dada por la tabla para la altura. En todo caso y por regla general, multiplíquese la longitud Oq expresada en metros por la altura que la tabla da para un metro.

Longitud de Oq=1 metro.

	LATITUD.				
	30°	35°	40°	45°	50°
Altura en metros del agujero de la plancha sobre el plano. {	0.741	0.614	0.499	0.395	0.297

2.^a La porcion de plano iluminada por el Sol en su paso por el agujero de la plancha, crece á medida que disminuye la altura del Sol sobre el horizonte: por lo que será muy difícil en la mayor parte de los casos, determinar el punto preciso de la circunferencia por el que se efectúa el paso del centro luminoso. Bajo este importante concepto, pues que tan directamente influye en la poca ó mucha exactitud de la meridiana, será preferible señalar los puntos de la circunferencia en que tocan ó son tangentes los bordes superior é inferior del espacio luminoso.

3.^a Aunque para mayor sencillez de la explicacion hemos dicho que se trazase una circunferencia, compréndese sin embargo, que si se trazan dos, tres... distantes entre sí pocos milímetros, se hace otras tantas veces menor el error que se haya podido cometer en una sola observacion.

4.^a Suponiendo que todos los errores son nulos, los varios puntos que resulten de la observacion en cada una de las circunferencias, deben encontrarse en línea recta con el centro O despues de modificados por la correccion correspondiente á cada uno de ellos. Si así no fuese, tómese, como resultado probable, el término medio entre todos ellos, á no ser, que las distancias entre unos y otros fuesen bastante grandes; en cuyo caso, todos ellos deberían despreciarse, por ser indicio seguro de que hay algun defecto en las operaciones preliminares, ó de que no se han hecho con el debido cuidado las observaciones.

**Segundo método para corregir la meridiana
obtenida por el procedimiento de los números
9, 10 y 11.**

19. Este segundo método es el mismo que se usa en Astronomía para determinar el estado y movimiento diario de los cronómetros y reguladores.

Comencemos por recordar la teoría indicada en el número 12. Si una estrella nos comunicase tanta luz, que pudiésemos distinguir, y por consiguiente señalar en el plano sobre que se quiere trazar la meridiana, el espacio luminoso causado por el agujerito de la plancha, sin mas que hacer las operaciones prescritas en los números 1, 2 y 3, obtendríamos una exacta meridiana; porque careciendo la estrella de notable movimiento propio, traza siempre á cada revolucion un círculo, cuyo plano es paralelo al ecuador, y por consiguiente perpendicular al que pasa por los polos, cuya seccion en todo plano es una meridiana, siendo iguales los tiempos en que la estrella tiene las mismas alturas sobre el horizonte en puntos simétricos con relacion al mas alto de su curva; que es el situado en el meridiano.

No sucede lo propio al Sol: pues dotado de un movimiento progresivo hasta ciertos límites en direccion unas veces hácia el polo *Norte* y otras hácia el del *Sur*, tiene que trazar un círculo oblicuo al ecuador, siendo por lo tanto desiguales los espacios de tiempo en que llega á tener las mismas distancias á un lado y á otro del meridiano.

20. Una vez comprendida esta teoría, hasta al espíritu menos reflexivo se le ocurrirá esta pregunta. ¿Qué espacio de tiempo se habrá de anticipar ó retardar el acto de señalar en el plano el punto luminoso en la observacion de la tarde para que este punto comparado con el obtenido en la de la mañana dé la exacta meridiana?

Los números de la tabla siguiente resultado de la solucion del problema, contienen la respuesta á esa pregunta.

21. Supongamos para explicar su uso, que la observacion se ha hecho el 20 de Febrero en la latitud de 40°, y que el tiempo comprendido entre la observacion de la mañana y de la tarde es, poco mas ó menos, de seis horas.

La declinacion del Sol durante esas horas ha disminuido de algunos minutos de arco aproximándose al ecuador. El

MÉTODO 2.º

Trazar una meridiana por las estrellas circumpolares.

22. Hemos dicho ya que los astros al girar en la inmensidad del firmamento, lo verifican al rededor de dos puntos llamados polos.

Cada uno, pues, de ellos describirá una circunferencia de un radio igual á la distancia que les separa de uno de dichos puntos, y que sería siempre la misma á no variar los elementos que determinan su posición sobre la esfera celeste. Síguese de aquí, que las apariencias de la rotación diurna deben ser muy variadas en los diversos puntos de la superficie de la Tierra. Un habitante para quien el cenit sea al propio tiempo el polo, verá sin ocultársele en toda su rotación todos los astros cuya distancia á dicho punto no exceda de 90°: mientras que para otro situado en el ecuador, no existirá uno solo, que le sea visible en todos los puntos de su curva diurna. Todos los puntos de la Tierra cuya posición sea intermedia entre esos dos extremos, gozarán en parte de las apariencias de uno y otro. Esto es lo que sucede en nuestro horizonte. Existen sobre él constelaciones hácia la parte del Norte, que nunca se nos ocultan; aunque por efecto de la rotación común con los demás astros, tomen diferentes posiciones respecto del polo ó centro de sus curvas diurnas.

Las dos Osas, Casiopea, Cefeo y el Dragon son las más notables de entre las constelaciones, que se hallan en este caso: siéndonos preciso apuntar alguno de los caracteres distintivos de las dos primeras, por ser estas objeto del presente capítulo.

23. La Osa mayor se reconoce fácilmente por estar sus siete estrellas más visibles colocadas en forma de carro, y ser de 2.ª magnitud todas menos la δ (fig. 12.)

Esta constelación nos proporciona un medio muy sencillo para conocer la Osa menor, á saber: si desde la estrella β imaginamos trazada una recta por la α de la misma constelación, esta recta pasa por la α de la Osa menor, que es la estrella Polar; encontrándose respecto de la α de la Osa mayor á una distancia cuatro ó cinco veces superior á la que separa las dos estrellas α y β de la misma Osa.

24. Pasemos ahora á dar á conocer el método de trazar una meridiana por la observación simultánea de dos de las varias estrellas que ya conocemos.

Si la Polar se encontrase precisamente en el polo, la operación sería por demás sencilla: bastaría dirigir una visual á la estrella para obtener una exacta meridiana. Esto, empero, no es así: la estrella traza al rededor de él un círculo cuyo radio pasa de 1° 30', pudiendo por consiguiente ser casi otro tanto el error de la meridiana, si la estrella en el momento de la observación se hallaba en su máxima digresión oriental ú occidental.

Ahora bien: ¿cuál es el momento preciso en que la Polar se encuentra en el meridiano? Nada conseguiría con insertar al pié de este artículo tablas que indicasen la hora exacta local en que tiene lugar dicho fenómeno, porque los medios materiales necesarios para la observación, y los conocimientos teórico-prácticos que requiere la exacta ejecución del problema, hacen ilusorio este procedimiento.

Veamos, pues, el método de resolverle con alguna aproximación, y de manera que esos medios materiales se reduzcan á poseer un reloj ordinario.

25. Si suspendemos de un punto fijo una plomada, y por ella dirigimos una visual á la Polar, podremos observar,

que otras estrellas llegaran, en virtud de su movimiento al rededor del eje del mundo, á colocarse tambien en el mismo plano.

Fijémonos en tres de esas estrellas, á saber; en δ , ϵ y ζ de la Osa mayor. Cuando la primera de ellas llega al plano que forma la visual dirigida por la plomada á la Polar, mírese la hora que señala el reloj: déjense trascurrir 49 $\frac{1}{2}$ minutos, y dirigiendo inmediatamente despues una nueva visual á la Polar, el plano formado por ella será el meridiano, por hallarse esta estrella en él en aquel momento.

Para tener dos puntos que determinen la meridiana, será preciso, que en esta segunda observacion interpongamos una segunda plomada entre la primera y la Polar, de manera, que quede cubierta por el plano que forman estos dos objetos; ó señalar en un plano horizontal colocado junto á la primera plomada uno ó dos puntos que se hallen en la direccion indicada.

26. La observacion hecha con la estrella ϵ debe darnos para la direccion de la meridiana el mismo resultado, si dirigimos la segunda visual 22 minutos despues de haberse encontrado ambas estrellas en un mismo plano vertical.

27. La estrella ζ puede servir para comprobar el resultado obtenido con las dos anteriores. Obsérvese á este fin, si desde que la Polar se encuentra en el meridiano, hasta que la ζ llega á situarse con ella en el mismo plano vertical, han trascurrido 7 minutos: si así es, habremos obtenido la meridiana con toda la precision que puede alcanzarse este método.

28. Para tener una idea de esa precision, he calculado el error de la meridiana en el supuesto probable de que la observacion de la Polar se hacía 4 minutos antes ó despues de su verdadera culminacion, y he encontrado para la lati-

tud de 40° suponiendo de 88° 37' la declinacion de la estrella, un error de 1' 56": valor que referido á unidades métricas, y á una meridiana de un metro de longitud, equivale á 0,56 milímetros.

MÉTODO 3.º

Trazar una meridiana por las máximas digresiones de la Polar,

29. Hemos visto en el final del artículo anterior, que el azimut correspondiente á 4 minutos de tiempo antes ó despues del paso de la Polar por el meridiano, se eleva próximamente á 2 minutos de arco. Concíbese además sin necesidad de demostracion, que para cada astro, el máximo de ese movimiento tiene lugar en el meridiano; y que por consiguiente, atravesado éste, y á medida que el astro se vá separando de él, marchando hácia el *Este* ó hácia el *Oeste*, ese movimiento es cada vez menor, disminuyendo progresivamente hasta el momento en que el astro llega al punto de su máxima digresion.

30. El movimiento en este caso es tan pequeño en la Polar, que llega á hacerse insensible á simple vista, aunque se le observe con relacion á un plano ó direccion fija y determinada, por el notable espacio de 20 minutos de tiempo antes de sus máximas digresiones, y de otros tantos despues.

Toda la dificultad, pues, en el trazado de la meridiana por este método se reduce:

1.º A seguir á la estrella en su movimiento hasta que ya no se desvíe de la puntería ó visual, ni hácia la izquierda si la estrella marcha hácia el *NO.*, ni hácia la derecha si se observa despues de su paso inferior por el meridiano en el cuadrante *NE.*

2.º A trazar una recta, hácia la derecha en el primer caso y hácia la izquierda en el segundo, que forme con la direccion de la visual un ángulo, cuyo valor dá la tabla siguiente, segun sea la *latitud* del punto de observacion y la época ó año en que esta última se efectúa: á no ser que se hayan observado dos digresiones consecutivas, en cuyo caso, el punto medio del arco comprendido entre ellas, sería el correspondiente á la meridiana.

LATITUD.	AÑOS.		
	1870.	1880.	1900.
20º	1º 28' 21"	1º 24' 59"	1º 18' 15"
22	1 29 33	1 26 7	1 19 18
24	1 30 53	1 27 24	1 20 30
26	1 32 23	1 28 51	1 21 49
28	1 34 2	1 30 26	1 23 17
30	1 35 52	1 32 12	1 24 55
32	1 37 54	1 34 10	1 26 43
34	1 40 9	1 36 19	1 28 42
36	1 42 38	1 38 42	1 30 54
38	1 45 22	1 41 20	1 33 19
40	1 48 23	1 44 14	1 36 0
42	1 51 44	1 47 27	1 38 57
44	1 55 26	1 51 1	1 42 14
46	1 59 32	1 54 58	1 45 52
48	2 4 5	1 59 21	1 49 54
50	2 9 11	2 4 15	1 54 25

PROBLEMA II.

Tiempo medio. Tiempo verdadero. Diferencia entre uno y otro. Procedimiento para dirigir los relojes segun el tiempo medio.

31. La grande regularidad que presentan hoy dia en su marcha los relojes, por consecuencia del maravilloso perfeccionamiento que ha sabido alcanzar la mecánica, aun dejando aparte las pruebas inconcusas de las teorías y observaciones astronómicas, hace ver; que el *dia solar*, ó el tiempo comprendido entre dos pasos consecutivos del Sol por un mismo meridiano, llamado *dia verdadero*, no es igual de un dia para otro. Existe, es verdad, una unidad de tiempo, el *dia sideral*, exenta de las anomalías que presenta el solar verdadero; pero esa unidad no es la mas apropiada para regular los diversos actos de la vida civil.

32. A no existir la excentricidad de la órbita elíptica de la tierra, y su oblicuidad ó inclinacion sobre el ecuador, el dia solar verdadero excedería sí de algunos minutos al sideral; pero esa diferencia, sería siempre la misma, y pequeño por consiguiente el inconveniente que se seguiría de adoptarlo. Había pues, no siendo esto así, una necesidad urgente de introducir una nueva unidad de medida, que á la vez que fuese comparable por su regularidad con el dia sideral, pudiese adoptarse para los usos civiles, regulándole por el movimiento aparente del Sol.

33. Esta nueva unidad de medida denominada *dia medio*,

es el tiempo que emplearía el Sol en su revolución diurna, suponiendo que recorriese su órbita, libre ésta de toda oblicuidad, y coincidiendo por consiguiente con el ecuador: tiempo cuya duracion se obtendría deduciendo el término medio de las de un número suficientemente grande de días verdaderos.

34. La diferencia de tiempo, variable de una época para otra, que média entre un día medio y un verdadero, es lo que se llama *ecuacion de tiempo*. El máximo de esta ecuacion es de 16 minutos, y tiene lugar el día 3 de Noviembre. Esta diferencia entre el día medio y el verdadero no es, ni puede ser un inconveniente grande para dejar de dirigir nuestros relojes, especialmente los públicos, según el tiempo medio. De no pasar por él, es ineludible caer en otro peor y de mayor trascendencia, cual es, el de haber de hacer seguir al reloj todas las irregularidades del movimiento solar.

Ojalá que en nuestros relojes públicos no se viesen mayores anomalías que las que resultarían de adoptar el tiempo medio!; pero por desgracia nuestra, aun sin hacer mencion de nuestras villas y lugares, en donde los relojes públicos, ó yacen abandonados á sí mismos y á la inclemencia de las variaciones atmosféricas, ó son tratados con el mas punible descuido; hemos observado con frecuencia en los de las capitales diferencias de tiempo, que comparadas con el tiempo verdadero excedían de un cuarto de hora, y de media hora con relacion al tiempo medio.

35. Veamos, pues, qué deberemos observar para dirigir un reloj según el tiempo medio.

Indaguemos en primer lugar, si el número de oscilaciones que ejecuta el péndulo en un día, es igual ó equivalente al número de segundos comprendidos en un día medio.

A éste fin, dirijase á un punto cualquiera del cielo, aunque para mayor exactitud es preferible que ese punto sea

uno de los mas próximos al ecuador, un anteojo con retícula, y fíjese invariablemente á un muro ó á cualquiera otro objeto, cuya estabilidad nos inspire completa confianza. Delante de su objetivo y á alguna distancia de él, colóquese una luz de manera que pueda iluminar la retícula, y distinguirse perfectamente los hilos que la componen al mirar por el ocular.

De las muchas estrellas que sucesivamente entrarán en el campo del anteojo, fijémonos en la que mas llame por su brillo nuestra atencion, y sin perderla de vista, anótese la hora, el minuto y el segundo en que se coloca bajo el hilo poco mas ó menos vertical de la retícula.

Sin variar en lo mas mínimo la posicion del anteojo y el estado del reloj, obsérvese y anótese en la noche siguiente el momento en que la misma estrella vuelve á cortar el hilo de la retícula. Terminada la observacion, véase el tiempo que ha trascurrido entre ambas observaciones, y si fuese igual á 23 horas 56 minutos 4 segundos, el reloj marchará con el tiempo medio.

36. Ordinariamente el intervalo de tiempo trascurrido entre ambas observaciones no dará exactamente esa cifra, sino que será superior ó inferior á ella. En el primer caso bájese la lenteja del péndulo dando una vuelta hácia la izquierda á la tuerca que la sostiene por la parte inferior, y en el segundo, súbase dando la vuelta hácia la derecha.

Hecho esto, repítase con una nueva estrella por dos noches consecutivas la observacion del paso por la retícula. El tiempo trascurrido entre las dos observaciones no será ya el mismo que en la observacion anterior, y podremos con una simple sustraccion obtener en minutos y segundos el valor de una vuelta de la tuerca, y por consiguiente las vueltas y fraccion de vuelta que la habremos de dar para conseguir que el reloj siga el tiempo medio.

EJEMPLO.

Hora de la observacion en la primera	
noche.	= 8 ^h 35 ^m 18 ^s tarde.
Id. en la segunda noche.	= 8 37 40 »
Tiempo trascurrido.	= 24 ^h 2 ^m 22 ^s
Revolucion de la estrella en tiempo	
medio solar.	= 23 56 4
El reloj adelanta con relacion al tiempo	
medio.	= 0 ^h 6 ^m 18 ^s
En la siguiente observacion despues de haber dado una vuelta completa á la tuerca para bajar la lenteja del péndulo	
Hora de la 1. ^a observacion.	= 9 ^h 13 ^m 45 ^s tarde.
Id. de la 2. ^a	= 9 14 29 »
Tiempo trascurrido.	= 24 ^h 00 ^m 44 ^s
Revolucion sidereal en tiempo medio	
solar.	= 23 56 4
El reloj adelanta.	= 0 ^h 4 ^m 40 ^s
El adelanto antes de modificar la longitud del péndulo era.	
.	= 0 ^h 6 ^m 18 ^s
Variacion del reloj por una vuelta de la	
tuerca.	= 1 ^m 38 ^s

Obtenido este dato, encontramos por medio de una proporcion, que las vueltas que habremos de dar á la tuerca hácia la izquierda, para que el movimiento que el reloj ejecuta en una revolucion sidereal, se reduzca á las 23^h 56^m 4^s, son 2,8 vueltas.

37. Supongamos, á fin de prevenir todas las dificultades, que en la segunda noche, y en el momento de la observacion, una nube vino á ocultarnos la estrella que habíamos

observado el día anterior, esperemos á que la estrella se presente en la noche siguiente en el campo del anteojo, y despues de hecha la observacion, sáquese la mitad del tiempo que ha trascurrido entre la observacion de la 1.^a y de la 3.^a noche, supuesto que la estrella durante ese intervalo ha hecho dos revoluciones.

38. Si el anteojo de que disponemos no estuviese armado de retícula, obsérvese el momento en que la estrella cortando el borde del anteojo, se presenta en el campo de vision, ó el en que saliendo de él se oculta por la parte opuesta, ó ambos á la vez; y obtendremos así dos observaciones, cuyos errores, se compensarán con frecuencia mutuamente tomando el término medio entre los resultados parciales.

39. Y si ni aun de un anteojo cualquiera se pudiese disponer, hé aquí un medio que podría, aunque no con tanta exactitud, reemplazarle.

Suspéndase una plomada de un punto fijo, y colóquese el ojo próximo al hilo que la debe formar, de manera que la visual pase al mismo tiempo por la cúspide de algun objeto lejano y que descuelle sobre todos los demás que le rodean, escogiendo con preferencia la estremidad superior de la cruz de alguna de las torres de nuestras iglesias.

El hilo de la plomada constituirá así un plano vertical, que nos dará el tiempo que en nuestro reloj ha trascurrido durante una revolucion sidereal, mediante los instantes en que la estrella llega con su movimiento diurno á colocarse en él.

40. Si la observacion hubiese de hacerse á una hora en que ya no se viese el objeto lejano, colóquese una segunda plomada algun tanto apartada de la otra, é ilumínese lo indispensable tan solo para que se pueda dirigir por ellas la visual con perfeccion.

41. Réstanos tan solo despues de todo lo expuesto, poner

de antemano el reloj en la hora que indica la tabla inserta mas abajo, ó en la que para cada dia dan los Anuarios que publican todos los observatorios, y ponerlo en movimiento en el momento en que la meridiana, obtenida por uno de los procedimientos de los métodos anteriores, nos indica el paso del Sol por el meridiano: sin que se haga precisó volver á poner el reloj en hora en 15, 30 ó mas dias, segun sean mas ó menos exactas las observaciones que se han hecho para hacerle seguir el tiempo medio, y la mayor ó menor precision con que haya sido construido.

**Hora del paso del Sol por el meridiano
en tiempo medio.**

MESES Y DIAS.	h. ^s	m.	MESES Y DIAS.	h. ^s	m.
Enero. 1	12	4	Abril. 5	12	3
5	»	6	10	»	1
10	»	8	15	12	0
15	»	10	20	11	59
20	»	11	25	»	58
25	»	12	30	»	57
31	»	14	Mayo. 5	11	57
Febrero. 5	12	14	10	»	56
10	»	14	15	»	56
15	»	14	20	»	56
20	»	14	25	»	57
25	»	13	31	»	57
Marzo. 1	12	12	Junio. 5	11	58
5	»	12	10	11	59
10	»	10	15	12	0
15	»	9	20	»	1
20	»	8	25	»	2
25	»	6	30	12	3
31	»	4			

MESES Y DIAS.	h. ^s	m.	MESES Y DIAS.	h. ^s	m.
Julio. 5	12	4	Octubre. 5	11	48
10	»	5	10	»	47
15	»	6	15	»	46
20	»	6	20	»	45
25	»	6	25	»	44
31	»	6	31	»	44
Agosto. 5	12	6	Noviembre. 5	11	44
10	»	5	10	»	44
15	»	4	15	»	45
20	»	3	20	»	46
25	»	2	25	»	47
31	12	0	30	»	49
Setiembre. 5	11	59	Diciembre. 5	11	51
10	»	57	10	»	53
15	»	55	15	»	55
20	»	53	20	11	58
25	»	52	25	12	0
30	»	50	30	»	3

Cuadrante horizontal.—Angulos horarios.

PROBLEMA III.

Trazar las líneas horarias sobre un plano horizontal.

MÉTODO 1.º

42. Representemos en una hoja de papel (fig.^a 13) por P12 la meridiana obtenida por uno de los procedimientos expuestos en las páginas anteriores: por un punto cualquiera P de esta recta, trácese una perpendicular *qr*: esta recta será la línea horaria de las 6.

43. Hecho ésto, haciendo centro en P trácese una semicircunferencia con un radio igual al de otra que de antemano debemos tener dividida en 180°. Tórnense sobre esta los grados y fracción de grado, que para cada línea horaria dá la tabla inserta mas abajo, acudiendo á ella con la *latitud*; y poniendo la una punta del compás en el punto *s*, córtese con la otra la semicircunferencia á un lado y á otro de dicho punto. Sean estos puntos *aa, bb, dd, ff, gg*: las rectas que partiendo del polo del cuadrante P pasan por estos puntos, son las líneas horarias. Estas mismas rectas prolongadas por la parte opuesta del polo, serán las horas correspondientes á las de la noche.

44. El gnomon debe colocarse sobre la línea meridiana formando con ella un ángulo igual á la *latitud* para la que se ha trazado el cuadrante.

LATITUD.	HORAS.												Gnomon.		
	6=6		7=5		8=4		9=3		10=2		11=1				
	o	'	o	'	o	'	o	'	o	'	o	'			
0º	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	90	0	3	44	1	44	1	0	0	35	0	16	1	0	0
2	90	0	7	25	3	28	2	0	1	9	0	32	2	0	0
3	90	0	11	3	5	11	3	0	1	44	0	48	3	0	0
4	90	0	14	36	6	54	4	0	2	18	1	4	4	0	0
5	90	0	18	1	8	35	4	59	2	52	1	20	5	0	0
6	90	0	21	19	10	16	5	58	3	27	1	36	6	0	0
7	90	0	24	27	11	55	6	56	4	2	1	52	7	0	0
8	90	0	27	27	13	33	7	55	4	36	2	8	8	0	0
9	90	0	30	17	15	10	8	53	5	10	2	24	9	0	0
10	90	0	32	57	16	44	9	51	5	44	2	40	10	0	0
11	90	0	35	27	18	17	10	48	6	17	2	56	11	0	0
12	90	0	37	49	19	48	11	45	6	51	3	11	12	0	0
13	90	0	41	1	21	17	12	41	7	24	3	27	13	0	0
14	90	0	42	5	22	44	13	36	7	57	3	43	14	0	0
15	90	0	44	0	24	9	14	31	8	30	3	58	15	0	0
16	90	0	45	49	25	31	15	25	9	3	4	13	16	0	0
17	90	0	47	30	26	51	16	18	9	35	4	29	17	0	0
18	90	0	49	5	28	9	17	10	10	7	4	44	18	0	0
19	90	0	50	33	29	25	18	2	10	39	4	59	19	0	0
20	90	0	51	55	30	39	18	53	11	10	5	14	20	0	0
21	90	0	53	13	31	53	19	43	11	41	5	29	21	0	0
22	90	0	54	25	32	59	20	32	12	12	5	44	22	0	0
23	90	0	55	34	34	5	21	20	12	43	5	58	23	0	0
24	90	0	56	37	35	10	22	8	13	13	6	13	24	0	0
25	90	0	57	37	36	12	22	55	13	43	6	28	25	0	0
26	90	0	58	55	37	13	23	40	14	12	6	42	26	0	0
27	90	0	59	27	38	11	24	25	14	41	6	56	27	0	0
28	90	0	60	17	39	7	25	9	15	10	7	10	28	0	0
29	90	0	61	4	40	1	25	52	15	38	7	24	29	0	0
30	90	0	61	49	40	54	26	34	16	6	7	38	30	0	0

LATITUD.	HORAS.												Gnomon.	
	6=6		7=5		8=4		9=3		10=2		11=1			
	o	'	o	'	o	'	o	'	o	'	o	'		
31°	90	0	62	31	41	44	27	15	16	34	7	51	31	0
32	90	0	63	11	42	33	27	55	17	1	8	5	32	0
33	90	0	63	48	43	20	28	34	17	27	8	18	33	0
34	90	0	64	24	44	5	29	13	17	54	8	31	34	0
35	90	0	64	58	44	49	29	50	18	19	8	44	35	0
36	90	0	65	30	45	31	30	27	18	45	8	57	36	0
37	90	0	66	0	46	11	31	2	19	10	9	9	37	0
38	90	0	66	29	46	50	31	37	19	34	9	22	38	0
39	90	0	66	56	47	28	32	11	19	58	9	34	39	0
40	90	0	67	22	48	4	32	44	20	22	9	46	40	0
41	90	0	67	47	48	39	33	16	20	45	9	58	41	0
42	90	0	68	11	49	13	33	47	21	7	10	10	42	0
43	90	0	68	33	49	45	34	18	21	30	10	21	43	0
44	90	0	68	54	50	16	34	47	21	51	10	33	44	0
45	90	0	69	15	50	46	35	16	22	12	10	44	45	0
46	90	0	69	34	51	15	35	44	22	33	10	55	46	0
47	90	0	69	53	51	43	36	11	22	54	11	5	47	0
48	90	0	70	10	52	9	36	37	23	13	11	16	48	0
49	90	0	70	27	52	35	37	3	23	33	11	26	49	0
50	90	0	70	43	53	0	37	27	23	52	11	36	50	0
51	90	0	70	59	53	23	37	51	24	10	11	46	51	0
52	90	0	71	13	53	46	38	14	24	28	11	55	52	0
53	90	0	71	27	54	8	38	37	24	45	12	5	53	0
54	90	0	71	41	54	29	38	58	25	2	12	14	54	0
55	90	0	71	53	54	49	39	19	25	19	12	23	55	0
60	90	0	72	48	56	19	40	53	26	34	13	4	60	0
65	90	0	73	32	57	30	42	11	27	37	13	39	65	0
70	90	0	74	5	58	26	43	13	28	29	14	8	70	0
75	90	0	74	30	59	8	44	0	29	9	14	31	75	0
80	90	0	74	47	59	37	44	34	29	37	14	47	80	0
85	90	0	74	57	59	54	44	53	29	54	14	57	85	0
90	90	0	75	0	60	0	45	0	30	0	15	0	90	0

Formas accidentales de los gnomones.

45. Todas las diversas y variadas formas que podemos encontrar en la construcción de los gnomones, provienen de solos dos principios, á saber: 1.º Que el gnomon haya de señalar las horas con toda la *longitud* de la sombra. 2.º Que las señale un solo punto de ella.

1.º

Cuando el cuadrante es de pequeñas dimensiones se acostumbra á hacer el gnomon de una plancha metálica.

Para construirle, tírese sobre ella (fig.ª 14) una recta indefinida AB, y escogiendo como centro un punto cualquiera *c*, hágase sobre ella un ángulo igual al de la *latitud*, cerrándolo á gusto de cada uno por medio de una recta ó de varias curvas, pues no siendo de esencia este lado del triángulo, puede dársele la forma que se quiera.

Al recortar la lámina metálica déjese por la parte inferior del lado AB una pequeña banda *o*. Esta pequeña adición servirá para asegurar el triángulo sobre la superficie del cuadrante por medio de una estrecha incision, que debe hacerse en la meridiana, debiendo tener presente antes de fijarlo definitivamente como cosa esencial, que la superficie del triángulo se levante perpendicularmente sobre la del cuadrante, aplicándole para ello por uno de sus costados un cartabon.

46. Si el cuadrante fuese de grandes dimensiones, no podría hacerse el gnomon de una lámina metálica, por ofrecer ésta á medida que aumenta su superficie, menos resistencia á un golpe casual ó intencionado, especialmente cuando ha de ir unido á cuadrantes verticales.

En estos casos es preferible construirlo de una barra de hierro, ó de dos si se le quiere fijar mas sólidamente. Para colocarlo con exactitud, hágase de antemano sobre un cartón

un ángulo igual al que debe tener el gnomon sobre el cuadrante, y aplicando al plano uno de sus lados, fijese la barra haciéndola descansar sobre el otro lado del ángulo, colocando al mismo tiempo la superficie del carton, que debe ser plana, perpendicularmente á la del cuadrante. Véase la fig.^a 15.

2.º

Aunque de notable sencillez el método de señalar las horas con sola la estremidad del gnomon, su empleo sin embargo no se ha generalizado.

Para darnos cuenta de las causas que han debido limitar su uso, apuntaremos dos razones sobrado poderosas.

1.º Al levantarse el Sol por el *Oriente*, y cuando próximo á su ocaso se halla á pocos grados de altura sobre el horizonte, la *longitud* de la sombra proyectada por el gnomon, ó se presenta ya en un principio muy grande como en el primer caso, ó como en el segundo crece con rapidez, aumentando tambien en iguales proporciones la penumbra; de manera, que la estremidad de la sombra es tan vaga ó tan mal definida, que es difícil si no imposible distinguir el punto preciso á donde llega.

2.º El segundo inconveniente es una consecuencia del primero. Alcanzando las sombras tan grande *longitud*, y siendo de necesidad absoluta observar su estremidad para saber la hora, debería tambien darse á las líneas horarias una *longitud* proporcional, lo que aumentaría desmesuradamente la superficie del cuadrante. Dedúcese de aqui, que, á no renunciar á este método, hay que limitarse á dar al gnomon muy poca altura sobre el plano del cuadrante.

47. Indicados ya los inconvenientes de este Gnomon, veamos lo que debe hacerse para su construccion y colocacion.

Sea AB (Fig. 16) la línea substilar ó la recta sobre la que

ha de colocarse el gnomon, recta, que en los cuadrantes horizontal y vertical sin declinacion es la meridiana ó línea de las 12 horas. Constrúyase sobre esta línea haciendo centro en *c* punto cualquiera de ella, que representará al mismo tiempo el polo del reloj, un ángulo igual á los grados que ha de tener de elevacion el gnomon sobre el plano del cuadrante. Sea éste el BcD.

En un punto cualquiera de la recta cB levántese una perpendicular: sea ésta la *rs*. Esta porcion de recta comprendida entre los dos lados del ángulo, es la *longitud* que debería darse á un gnomon colocado sobre la substilar, perpendicularmente al plano, y á la distancia *cr* del polo del cuadrante, para que la sombra proyectada por el extremo *s* marcase con exactitud las horas.

Sería por varios conceptos preferible al uso de este gnomon el de una lámina metálica perforada hácia su centro, y colocada sobre la substilar de manera, que el centro del agujero hecho en ella viniese á estar en el punto *s*, ó en cualquiera otro de la recta cD.

MÉTODO 2.º

Trazar las líneas horarias sobre un plano horizontal.

48. Trácese una recta AB (fig.^a 17), y escójase en ella un punto P, que representarán respectivamente la meridiana y el polo del cuadrante.

49. Sobre la recta AB y á la distancia de un decímetro de P señálese el punto C.

50. Tírese por este punto C una perpendicular á la AB, y acudiendo á la tabla siguiente con la *latitud* del punto, tendremos el número de milímetros que para obtener cada

línea horaria hemos de tomar sobre esta perpendicular á un lado y á otro del punto C.

EJEMPLO.

51. Supongamos que se quiere trazar un cuadrante horizontal para Zafra, cuya *latitud* es de $41^{\circ} 39'$.

Hechas las operaciones prescritas en los números 48, 49 y 50, acudamos á la tabla para entresacar de ella y poner á la vista los números que representan las distancias de las líneas horarias al punto C contadas sobre la perpendicular DE (fig.^a 17). Llevando en cuenta, si se quiere proceder con rigurosa exactitud, las partes proporcionales debidas á los $39'$ que excede la *latitud* de los 41° , tendremos:

HORAS.

11=1	10=2	9=3	8=4	7=5
<i>Milímetros.</i>	<i>Milímetros.</i>	<i>Milímetros.</i>	<i>Milímetros.</i>	<i>Milímetros.</i>
17.8	38.4	66.5	115.1	247.9

52. Tomemos ahora con un compás sobre un decímetro la cantidad 17.8 milímetros, y poniendo en C una de las puntas del compás, márquese con la otra un punto á la derecha y otro á izquierda de la meridiana. De estos dos puntos el primero pertenecerá á las 11 de la mañana, y el segundo á la una de la tarde. Hágase una operacion semejante con las cantidades pertenecientes á las demás líneas horarias: tírese luego por estos puntos y por el polo P rectas indefinidas, y estas serán las líneas horarias que nos habíamos propuesto trazar.

ADVERTENCIA.

53. Cuando, como en nuestro ejemplo, los puntos perte-

necientes á las líneas horarias $8=4$ y $7=5$ vayan á caer fuera del plano ó trozo del papel en que se delinea el cuadrante, valiéndonos de un teorema de Geometría cuyo enunciado es=*Dos ó mas paralelas cortadas por rectas que concurren en un mismo punto, son cortadas en segmentos proporcionales*, dividiremos la distancia PC en dos, tres ó mas partes iguales: trazaremos por uno de estos puntos una nueva perpendicular á la meridiana, y trasladaremos sobre esta recta la mitad, tercera... parte de las cantidades dadas por la tabla para dichas horas.

54. Habiéndose tirado en nuestro ejemplo la nueva perpendicular FJ de modo que PJ es un quinto de PC, dividiremos también por 5 las cantidades 115.1 y 247.9 pertenecientes á las líneas horarias de las $8=4$ y $7=5$.

Las cantidades 23.0 y 49.6 milímetros resultado de la division, son las que hemos de colocar sobre la FJ á un lado y á otro del punto J, para obtener las líneas horarias que no podíamos trazar por el procedimiento de los n.^o 50 ó 52.

55. Con el mismo objeto que el del número 53, ó sea, el de obviar el pequeño inconveniente que presenta el trazado de las rectas horarias mas próximas á las de las seis; indicaremos otro método tan recomendable por su sencillez como por su exactitud, razon por la que no hemos creído oportuno pasarlo en silencio.

Obtenidas las rectas horarias pertenecientes á las 11, 10 y 9 de la mañana, trácese por un punto cualquiera C de la meridiana (fig.^a 18) la perpendicular CL: por el punto L donde esta perpendicular corta á la recta de las 9 horas, tírese una paralela á la meridiana. Únanse por medio de una recta los puntos C y el D interseccion de la paralela á la meridiana con la línea de las seis. Hecho esto, trácese paralelas á la CD por los puntos intersecciones de la perpendicular á la meridiana con las horarias de las 11 y 10; y los puntos donde estas paralelas fueren á cortar á la LD, serán

los pertenecientes á las 7 y 8 de la mañana, 6 4 y 5 de la tarde si la operacion se hubiere efectuado á la izquierda de la meridiana.

56. El gnomon que deberá colocarse como queda dicho al fin del número 45, y que podemos trazarlo por el procedimiento expuesto en dicho número, lo obtendremos mas fácilmente tomando sobre la perpendicular á la meridiana (fig.^a 17) á un lado cualquiera de C los 88.9 milímetros que nos dá la tabla.

Cuadrante horizontal.

LATITUD.	HORAS.												Gnomon. milimet.*
	11½ = 12½ milimet.*	11 = 1 milimet.*	10½ = 1½ milimet.*	10 = 2 milimet.*	9½ = 2½ milimet.*	9 = 3 milimet.*	8½ = 3½ milimet.*	8 = 4 milimet.*	7½ = 4½ milimet.*	7 = 5 milimet.*	6½ = 5½ milimet.*		
55°	7.6	15.4	23.8	33.1	44.0	57.4	74.8	99.3	138.5	214.1	455.7	70.0	
56	7.7	15.8	24.4	33.9	45.1	58.8	76.6	101.8	141.9	219.4	446.5	72.7	
57	7.9	16.1	24.9	34.8	46.2	60.2	78.4	104.2	145.5	224.6	457.1	75.4	
58	8.1	16.5	25.5	35.6	47.2	61.6	80.2	106.6	148.6	229.8	467.6	78.1	
59	8.5	16.9	26.1	36.3	48.5	62.9	82.0	109.0	151.9	234.9	478.0	81.0	
40	8.5	17.2	26.6	37.1	49.3	64.3	83.8	111.3	155.2	239.9	488.5	83.9	
41	8.6	17.6	27.2	37.9	50.3	65.6	85.5	113.6	158.4	244.8	498.3	86.9	
42	8.8	17.9	27.7	38.6	51.5	66.9	87.2	115.9	161.5	249.7	508.3	90.0	
43	9.0	18.3	28.3	39.4	52.3	68.2	88.9	118.1	164.7	254.5	518.0	93.5	
44	9.1	18.6	28.8	40.1	53.3	69.5	90.5	120.3	167.7	259.3	527.6	96.6	
45	9.3	18.9	29.3	40.8	54.3	70.7	92.1	122.5	170.7	264.0	537.1	100.0	
46	9.5	19.5	29.8	41.5	55.2	71.9	93.7	124.6	173.7	268.5	546.4	103.6	
48	9.8	19.9	30.8	42.9	57.0	74.3	96.9	128.7	179.4	277.3	564.5	111.1	
50	10.1	20.5	31.7	44.2	58.8	76.6	99.8	132.7	184.9	285.9	581.9	119.2	

PROBLEMA IV.

Orientar un cuadrante horizontal sin haber trazado de antemano la meridiana.

57. Acabamos de ver que el Sol corta al primer vertical durante los seis meses en que recorre la parte de eclíptica situada sobre el ecuador. Suponiendo conocida la hora en que dicho paso se efectúa, y recordando, que la intersección del primer vertical con un plano horizontal es una recta perpendicular á la meridiana; concíbese la posibilidad de trazar dicha meridiana, ó de colocar en su dirección la línea de las 12 horas de un cuadrante horizontal.

58. Fíjese á este fin sobre la línea de las seis horas ó sobre una paralela á ella un estilete perpendicular al plano del cuadrante. Colóquese éste sobre un plano horizontal, y hágasele girar lentamente sobre sí mismo de manera, que la sombra del estilete coincida siempre con la perpendicular á la meridiana, hasta el momento en que la sombra del gnomon indique en el cuadrante la hora que para la *latitud* del punto y día de la operación se haya encontrado en la tabla siguiente.

59. Para asegurarse de que la operación se ha hecho con exactitud, ó como medio de comprobación, obsérvese por la tarde si la hora indicada por el cuadrante en el momento en que la sombra del estilete coincide con la perpendicular á la meridiana, es la misma que la que dá la tabla.

Hora de tiempo verdadero en que se verifica el paso del Sol por el primer vertical.

MESES Y DIAS.	LATITUD.															
	36°		38°		40°		42°		44°		46°		48°		50°	
	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde	Mañ.	Tarde
Marzo.	31	1	5 58	6 1	5 58	6 1	5 58	6 1	5 58	6 1	5 58	6 1	5 59	6 1	5 59	6 1
.	31	6 23	5 37	6 21	5 39	6 19	5 41	6 17	5 43	6 15	5 45	6 12	5 48	6 10	5 50	6 10
Abril.	10	7 5	4 56	6 38	5 4	6 36	5 24	6 33	5 26	6 31	5 28	6 29	5 31	6 26	5 33	6 26
.	20	7 26	4 34	6 57	5 4	6 54	5 7	6 49	5 12	6 45	5 15	6 42	5 18	6 39	5 21	6 39
.	30	7 44	4 16	7 14	4 29	7 23	4 37	7 4	4 56	7 12	5 0	7 7	4 53	7 2	6 52	5 8
.	10	8 0	4 0	7 37	4 9	7 35	4 25	7 17	4 43	7 12	4 48	7 7	4 43	7 2	7 2	7 2
.	20	8 14	3 46	7 51	4 9	7 45	4 15	7 29	4 22	7 22	4 38	7 17	4 43	7 11	7 11	7 11
.	30	8 28	3 37	8 11	4 6	7 58	4 8	7 44	4 16	7 36	4 24	7 24	4 31	7 18	7 18	7 18
.	9	8 26	3 31	8 15	4 3	7 55	4 4	7 47	4 13	7 39	4 21	7 32	4 29	7 23	7 23	7 23
.	19	8 25	3 35	8 13	4 3	7 54	4 4	7 46	4 14	7 38	4 22	7 31	4 29	7 23	7 23	7 23
.	29	8 15	3 42	8 7	4 4	7 49	4 11	7 41	4 19	7 34	4 26	7 27	4 33	7 21	7 21	7 21
.	9	8 6	3 51	7 56	4 4	7 28	4 32	7 22	4 38	7 26	4 44	7 11	4 49	7 11	7 11	7 11
.	19	7 51	4 9	7 43	4 17	7 16	4 32	7 19	4 51	7 16	4 55	6 6	5 0	6 57	5 4	6 54
.	29	7 34	4 27	7 27	4 34	6 41	5 0	6 56	5 4	6 52	5 8	6 48	5 12	6 45	5 15	6 45
.	8	6 55	5 6	6 51	5 10	6 31	5 17	6 41	5 20	6 38	5 23	6 36	5 25	6 34	5 27	6 34
Agosto.	18	6 34	5 27	6 31	5 32	6 27	5 31	6 25	5 36	6 23	5 38	6 22	5 39	6 20	5 41	6 20
.	28	6 12	5 49	6 11	5 50	6 10	5 51	6 10	5 51	6 11	5 52	6 9	5 52	6 9	5 52	6 9
.	17	6 12	5 49	6 11	5 50	6 10	5 51	6 10	5 51	6 11	5 52	6 9	5 52	6 9	5 52	6 9
.	22	6 1	6 0	6 6	6 0	6 1	6 0	6 1	6 0	6 1	6 0	6 1	6 0	6 1	6 0	6 1

PROBLEMA V.

Cuadrantes verticales sin declinacion.

60. Entre el número infinito de planos que pueden pasar por una recta vertical, hay dos que merecen particular mencion, por ser de notable sencillez los procedimientos necesarios para obtener en ellos un cuadrante: el primero es el *meridiano*, ó el que además de ser vertical, sigue la direccion del eje de rotacion de la tierra; y el segundo es el perpendicular al anterior, designado con el nombre de *primer vertical*.

Sobre este plano, de cuyas dos caras, la una mira directamente al *Sur* y la otra al *Norte*, se describen los cuadrantes objeto del presente capítulo.

61. Este pequeño preámbulo hace entrever ya los medios que podremos emplear para reconocer, si el muro ó pared en que queremos delinear un cuadrante vertical sin declinacion, tiene la posicion particular, que este exige, de estar en la direccion del primer vertical. Hé aquí tres métodos.

1.º

62. Búsquese en un plano horizontal contiguo á la pared la línea meridiana: prolónguese ésta hasta el pié de la pared, y si el plano ó superficie de ésta fuere perpendicular á la meridiana, la pared se hallará en la direccion del primer vertical.

2.º

63. Obtenida de antemano sobre un plano horizontal la línea meridiana, trácese en el muro ó pared por medio de la plomada una recta vertical: en un punto de ésta fijese perpendicularmente al plano de la pared una barrita metálica, y si la sombra de ésta cayese sobre la vertical en el momento en que la meridiana antes obtenida nos indique el paso del Sol por el meridiano, la pared estará efectivamente en direccion de los puntos cardinales *Este* y *Oeste* que es la del primer vertical.

3.º

64. La pared se hallará tambien en dicha direccion, si ejecutando sobre su cara meridional operaciones semejantes á las que para obtener una meridiana sobre un plano horizontal hemos dejado apuntadas en los números 10 y 11, se halláre en la vertical trazada por el centro de la circunferencia el punto medio deducido de las observaciones de mañana y tarde.

65. Pasemos ahora á la construccion del cuadrante. Ésta es tan sencilla y fácil como la de los horizontales: los métodos que empleamos para delinearlos son idénticos á los de aquellos, siendo tambien las horas simétricas respecto de la meridiana.

Prévias estas advertencias, acúdase á la tabla de los cuadrantes horizontales entrando en ella con el complemento de la *latitud*, si se quiere obtener el cuadrante por el método de los ángulos; y á la que insertamos más abajo si se hubiere de seguir el procedimiento expuesto en los números 48, 49 y 50.

El gnomon debe colocarse sobre la vertical, y formando con ella un ángulo igual al complemento de la *latitud*.

Cuadrante vertical sin declinacion.

LATITUD.	HORAS.											Gnomon. millimet.*
	11½=12½	11=1	10½=1½	10=2	9½=2½	9=3	8½=3½	8=4	7½=4½	7=5	6½=5½	
55°	10.8	21.9	54.0	47.5	62.9	81.9	106.7	141.9	197.7	305.7	622.5	142.8
56	10.7	21.7	53.5	46.7	62.1	80.9	105.4	140.1	195.3	301.9	614.5	137.6
57	10.5	21.4	53.1	46.1	61.5	80.1	104.1	138.3	192.8	298.4	606.6	132.7
58	10.4	21.1	52.6	45.5	60.5	78.8	102.7	136.5	190.2	294.1	598.6	128.0
59	10.2	20.8	52.2	44.9	59.6	77.7	101.5	134.6	187.7	290.0	590.3	123.5
40	10.1	20.5	51.7	44.2	58.8	76.6	99.8	132.7	184.9	285.9	581.9	119.2
41	9.9	20.2	51.3	43.6	57.9	75.5	98.4	130.7	182.2	281.7	573.5	115.0
42	9.8	19.9	50.8	42.9	57.0	74.3	96.9	128.7	179.4	277.3	564.5	111.1
45	9.6	19.6	50.3	42.2	56.1	73.1	95.3	126.7	176.6	273.0	555.5	107.2
44	9.5	19.3	49.8	41.5	55.2	71.9	93.7	124.6	173.7	268.5	546.4	103.6
45	9.3	18.9	49.3	40.8	54.3	70.7	92.1	122.5	170.7	264.0	537.1	100.9
46	9.1	18.6	48.8	40.1	53.5	69.5	90.5	120.3	167.7	259.3	527.6	96.6
48	8.8	17.9	47.9	38.6	51.3	66.9	87.2	115.9	161.5	249.7	508.3	90.9
50	8.5	17.2	46.6	37.1	49.3	64.5	85.8	111.3	155.2	239.9	488.3	83.9

66. Es de todo punto inútil colocar en estos cuadrantes horas superiores á la línea que corta perpendicularmente á la meridiana por el polo del reloj, y que, como ya hemos dicho, es la línea de las 6 de la mañana y la misma hora de la tarde.

67. Sencillas son en extremo las consideraciones que nos hacen ver la inutilidad de estas líneas.

Sea ACBD el horizonte (fig.ª 19): AB la meridiana: CD la seccion con el horizonte del plano en que se ha trazado el cuadrante, y que por el supuesto se halla en la direccion del primer vertical.

Esto supuesto, el Sol que se levanta por el punto *p* del horizonte poniéndose por el *r* el dia 21 de Diciembre, no llega á verificarlo por los puntos C y D sino cuando despues de trascurridos tres meses llega al ecuador, que es el circulo máximo que divide en dos mitades iguales el espacio que média entre el punto mas bajo *p* y el mas alto *q* de su carrera anúa.

Durante esos tres meses, el cuadrante marcará todas las horas que dura la permanencia del Sol sobre el horizonte: pero ese espacio de tiempo es siempre inferior á 12 horas, disminuyendo á medida que aumenta la *latitud*.

68. Cuando animado de un movimiento ascendente hácia el polo *Norte*, llega el 21 de Marzo al punto C, siendo en este punto los equinoccios, y por consiguientes los dias iguales á las noches, su permanencia sobre el horizonte durará doce horas, iluminando durante todas ellas, como se vé en la figura, el plano del cuadrante.

69. Pasado ese dia, aunque el Sol prosiga en su movimiento ascendente, y se verifique consiguientemente un adelanto en sus ortos y un retraso en sus ocasos ó posturas; no por esto iluminará el plano de la pared que mira al mediodia por espacio de doce horas, y menos por un número de horas superior á doce: pues que, durante una parte de

las horas de la mañana, y otras tantas de la tarde, permanecerá á espaldas de dicha cara meridional.

70. Sea por ejemplo q el punto por donde sale el Sol el 21 de Junio, que es el día en que permanece por mas tiempo sobre el horizonte, y qos la proyeccion de la curva que describe en ese día con su movimiento diurno. El Sol, como hace ver la simple inspeccion de la figura, no puede iluminar la cara meridional del plano, mientras no llegue á situarse en e , despues de haber recorrido la porcion qo de su curva diurna. Ahora bien, verificándose en nuestras latitudes el orto del Sol en ese día á las $4 \frac{1}{2}$ de la mañana, y empleando $3 \frac{1}{2}$ horas en recorrer el arco qo , y otras tantas el os perteneciente á las horas de la tarde; se sigue, que el cuadrante no podrá indicar las horas superiores á las 8 de la mañana, ni las inferiores á las 4 horas de la tarde.

71. Durante los otros seis meses del año se reproducirán los mismos fenómenos aunque en un orden inverso. Volverá á verificarse el orto del Sol por el punto c el 23 de Setiembre iluminando el plano de la pared, como en el 21 de Marzo, por espacio de 12 horas, y en los siguientes días, á consecuencia de su descenso hácia el Sur, ya no se verificarán sus ortos sino despues de las 6 de la mañana y antes de igual hora de la tarde.

Infierese, pues, de cuanto llevamos dicho, que nunca el Sol iluminará por espacio de mas de 12 horas la cara meridional de un plano vertical perpendicular al del meridiano.

PROBLEMA VI.

Cuadrante vertical septentrional sin declinacion.

72. El Sol, como consecuencia de los párrafos números 68 al 70, ilumina por espacio de seis meses la cara septentrional de un plano vertical y perpendicular al meridiano tanto mas tiempo, cuanto mayor es su distancia al ecuador ó su declinacion boreal. Hemos visto, que el cuadrante delineado en la cara meridional comenzaba por la mañana á indicar las horas, en el momento en que el Sol cesaba de iluminar la septentrional.

Ahora bien; ¿no podremos trazar en esta cara un cuadrante, que sirviendo de complemento al anterior, nos indique él las horas que, despues de la salida y antes de la postura del Sol y durante los meses de primavera y verano, no puede marcarnos aquél?

73. Ya se comprende que sí: y concíbese tambien pronto sin necesidad de apelar á la reflexion, que pues el plano en el que deseamos el nuevo cuadrante es el mismo en que hemos trazado el cuadrante vertical meridional, las mismas las demas condiciones del problema, idéntico deberá ser tambien el cuadrante.

74. Así es efectivamente: advirtiendo tan solo, que por ser opuestas las caras del plano, aunque el trazado del cua-

drante septentrional es en un todo igual al del meridional, deberá colocarse el gnomon en una posición inversa, como la que resultaría de prolongarle por la parte opuesta al polo. En el cuadrante (fig.^a 20) puede verse como resultado de esta inversión; que así como en el cuadrante meridional se hallaba el polo del reloj sobre el gnomon, yendo este dirigido de arriba hacia abajo; así por el contrario en el septentrional, va dirigido hacia arriba hallándose sobre la línea de las 6 horas.

PROBLEMA VII.

Trazar el cuadrante Oriental y Occidental.

75. De las dos notables posiciones que puede tomar un plano al girar en torno de una recta vertical, hemos examinado en el problema anterior el caso en que aquél se fijase en dirección perpendicular al que marcha en sentido del eje de rotación de la tierra. Veamos ahora como obtendremos las líneas horarias en este segundo plano, de cuyas dos caras la una mira directamente al *Este* y la otra á *Oeste*. Expondremos en primer lugar el método que ordinariamente se sigue en su construcción por ser de notable sencillez.

MÉTODO 1.º

76. Por un punto cualquiera C del plano (fig.^a 21) tírese la horizontal AB. Por debajo de esta recta y á la izquierda del punto C si la pared mira al Oriente, como supone nuestra figura, ó á la derecha si el cuadrante se trazase en la cara occidental, hágase el ángulo ACE igual á la *latitud*, y trácese luego después por el punto C una perpendicular indefinida á la ED: sea ésta la QR.

77. Tomemos sobre la CD la distancia CD igual á la altura que queramos dar al gnomon sobre el plano del cuadrante, y haciendo centro en D describase una circunferen-

cia, que obtendremos dividida en cuatro partes iguales trazando por D una paralela á la QR.

78. Dividase cada uno de los cuadrantes CJ y CH en seis partes iguales, y tirando rectas por los puntos resultado de esta division y por el centro D, las intersecciones de estas con la QR serán puntos pertenecientes á las líneas horarias, que obtendremos trazando por ellos rectas paralelas á la ED.

79. El gnomon G que como en todos los cuadrantes puede ser de longitud indefinida, debe colocarse sobre y paralelamente á la línea de las 6 horas que es la recta ED, y á una altura sobre ella igual á CD. Según esto, es fácil concebir, que no hay en este cuadrante línea que represente las 12 horas; pues hallándose el Sol en ese momento en el mismo punto de su curva diurna, en que iría á cortar el plano de la pared suponiéndole prolongado hasta la esfera celeste, y siendo el gnomon paralelo á dicho plano; su sombra marchará tambien paralelamente á él, cesando el Sol desde este momento de iluminar dicho plano en su cara oriental, para comenzar en la occidental.

MÉTODO 2.º

80. Tírese la AB (fig.ª 22) que en la pared es una horizontal. A la derecha de un punto C de esta recta, suponiendo que trazamos el cuadrante occidental, tómese la CA igual á un decímetro. Por el punto A trácese una perpendicular á la AB: sea esta la AD.

81. Supongamos, previas estas operaciones generales, que queremos trazar el cuadrante para Cádiz cuya *latitud* es=36º 32'.

Entrando en la tabla siguiente con esta *latitud*, encontraremos para las

HORAS.

6	5	4	3	2	1	GNOMON.
<i>milimet.</i>	<i>milimet.</i>	<i>milimet.</i>	<i>milimet.</i>	<i>milimet.</i>	<i>milimet.</i>	<i>milímetros.</i>
74.1	33.4	71.9	124.4	215.6	463.9	100

Dividiendo por 10 todas estas cantidades en virtud de la primera de las dos advertencias que hacemos mas abajo, tenemos:

HORAS.

6	5	4	3	2	1	GNOMON.
7.4	3.3	7.2	12.4	21.6	46.4	10

82. Tómense ahora sobre la AD partiendo de A=7.4 milímetros, y trácese una recta por el punto obtenido F y por C: esta recta es la línea de las 6 de la tarde. Para obtener los puntos pertenecientes á las demás horarias, tómense las cantidades que á cada una de ellas corresponde sobre la misma AD, pero partiendo de F y no ya del punto A. La FG deberá pues ser igual á 3.3 milímetros: la FH á 7.2 etc...: trácese despues por estos puntos paralelas á la línea de las 6 horas, y estas serán las horarias.

El gnomon que debe colocarse como se ha dicho en el número 79, deberá tener sobre la recta FC la altura de 10 milímetros.

83. Réstanos tan solo para concluir hacer dos advertencias:

1.ª Cuando se desee un cuadrante de mayores ó menores proporciones que las que tendría siendo de 1 decímetro la altura del gnomon sobre el plano, en cuyo supuesto se ha

calculado la tabla, multiplíquense ó divídanse respectivamente por 2, 3, 4... todas las cantidades dadas por la tabla inclusa la del gnomon.

2.^a En lugar de tomar sobre la AD partiendo de F las cantidades pertenecientes á todas las horas distintas de las 6, pueden de la misma manera colocarse partiendo del punto C sobre la CE paralela á AD. Si dichas cantidades se toman sobre las dos verticales á la vez, las rectas trazadas por los puntos correspondientes á una misma horaria resultarán ya paralelas á la CF ó línea de las 6 horas.

Cuadrante Oriental y Occidental.

LATITUD.	HORAS.						Gnomon.
	6=6	7=5	8=4	9=3	10=2	11=1	
	milimet.s	milimet.s	milimet.s	milimet.s	milimet.s	milimet.s	
36°	72.7	33.1	71.4	123.6	214.1	460.9	100
37	75.4	33.6	72.3	125.2	216.9	466.9	»
38	78.1	34.0	73.3	126.9	219.8	473.2	»
39	81.0	34.5	74.3	128.7	222.9	479.8	»
40	83.9	35.0	75.4	130.5	226.1	486.7	»
41	86.9	35.5	76.5	132.5	229.5	494.1	»
42	90.0	36.1	77.7	134.6	233.1	501.7	»
43	93.3	36.6	78.9	136.7	236.8	509.8	»
44	96.6	37.3	80.3	139.0	240.8	518.4	»
46	103.6	38.6	83.1	144.0	249.3	536.8	»
48	111.1	40.0	86.3	149.4	258.8	557.2	»
50	119.2	41.7	89.8	155.5	269.5	580.1	»

MÉTODO 3.º

81. Hechas las operaciones prescritas en el número 76, colóquense sobre la CR (fig.^a 21) partiendo de C las cantidades que dá la tabla siguiente; teniendo para ello presente

la primera de las advertencias que, respecto de las horarias y del gnomon, hemos hecho en el número 83. Obtenidas en CR las intersecciones de esta recta con las horarias, trácese por dichos puntos rectas paralelas é indefinidas á la CD.

HORAS.

6½..5½	7..5	7½..4½	8..4	8½..3½	9..3	9½..2½	10..2	10½..1½	11..1	12½..13½	Gnomon=100 mm
Milímetros.											
13.2	26.8	41.4	57.7	76.7	100.0	130.3	173.2	241.5	373.2	759.6	

Cuadrantes verticales declinantes.

85. Todo plano vertical que no lleva la direccion del primer vertical es un plano *declinante*. Estos son los planos en los que ocurre con mas frecuencia trazar un cuadrante, por ser una cosa casi siempre casual, que no se desvíe poco ó mucho de aquella direccion. Si esta desviacion es hácia la derecha respecto de la recta que va de *Oeste* á *Este*, la declinacion es *occidental*, por mirar entonces el plano á uno de los puntos del cuadrante *Sud-Oeste*; y si es hácia la izquierda, la declinacion será *oriental*: llamándose en ambos casos *ángulo de declinacion* el formado por las intersecciones de los planos declinante y del primer vertical con un horizontal.

Siéndonos el conocimiento del valor de este ángulo de absoluta necesidad, por ser uno de los argumentos sin el que no nos sería dable buscar en las tablas siguientes los datos necesarios para trazar el cuadrante, expon-dremos algunos de los métodos que pueden seguirse para conseguirlo.

PROBLEMA VIII.

Procedimientos para determinar la declinacion de un plano.

1.º

86. Búsquese en un plano horizontal la linea meridiana: Hallada ésta, fíjese perpendicularmente al plano de la pared una barrita metálica de uno ó dos decímetros de longitud, y señálese el punto donde toca la extremidad de la sombra proyectada sobre la pared, en el momento en que la meridiana del plano horizontal indica que el Sol pasa por el meridiano.

Sea B este punto (fig.^a 23) y A el pié del estilo: tírese una vertical por cada uno de estos dos puntos: tómese en la trazada por el punto A la AC igual á la longitud que se haya dado al estilo sobre el plano. Por este mismo punto A tírese una horizontal, ó lo que es lo mismo una perpendicular á las verticales: uniendo por medio de una recta los puntos C y D, y midiendo el ángulo ACD, obtendremos el valor de la declinacion; siendo esta oriental si el punto B se halla á la derecha de la vertical AC, y occidental si á la izquierda.

87. Si la meridiana se tuviese trazada en el plano horizontal de una de las ventanas ó balcones de la pared cuya declinacion se busca, las operaciones en este caso son todavía mas sencillas.

Sea AB (fig.^a 24) la meridiana: tírese por uno de sus puntos *d* la CD paralela al plano de la pared: levántese una perpendicular á la meridiana en el punto *d*, y el ángulo Cdm será el de la declinacion.

2.º

Hallar la declinacion de un plano vertical por medio de la brújula.

88. Sabida es de todos la propiedad que tiene una aguja imantada de tomar una direccion determinada poco diferente de la del meridiano astronómico, cuando suspendida por su centro de gravedad y libre para moverse en torno de él, se halla abandonada á sola la accion magnética de nuestro globo.

El ángulo que forma la direccion de la aguja con el meridiano astronómico, se llama *declinacion de la aguja*: y su valor, que en un mismo punto del globo es sensiblemente igual, lo mismo sobre la cima de una empinada montaña, como á una grande profundidad en el interior de la tierra, varía no solo con el trascurso del tiempo, sino tambien y mas notablemente trasportando la aguja á diferentes puntos del globo.

Estas son las variaciones que debemos tener en cuenta para resolver el problema que nos ocupa, pues aunque la aguja está ademas sujeta á variaciones *diurnas* y *accidentales*, llamadas estas últimas *perturbaciones*; la amplitud del arco debida á las primeras no es para influir, notablemente al menos, en la exactitud de un cuadrante; y las segundas sobre ser pasajeras, no pueden preverse por ser debidas á las auroras boreales, tempestades y erupciones volcánicas.

89. Para conocer, pues, el valor del ángulo de la declinacion de la aguja, colóquese sobre la meridiana uno de los

bordes de la caja paralelos á la línea N. S. trazada en el fondo de ella, lejos de objetos que, como el hierro, níquel y otros metales, puedan por su propiedad magnética obligar á la aguja á tomar una direccion distinta de la del meridiano magnético, y cuéntense los grados que separan el extremo de la aguja del punto N., ó márchese el punto del fondo de la caja donde la extremidad N. de la aguja haya quedado estacionada.

90. Hecho esto, veamos como obtendremos la declinacion de un plano en el caso de que por la suficiente longitud de la aguja, se halle dividida en grados la circunferencia trazada en el interior de la caja.

Sea AB (fig.^a 25) una recta horizontal trazada en el plano cuya declinacion se desea saber: p el punto donde se ha detenido la aguja al colocar en la meridiana el lado CD ó el FJ de la caja. Aplíquese á la recta AB el lado CJ perpendicular á la línea N. S., y supongamos que la aguja ha tomado la posicion q , marchando el extremo q de la aguja hácia el punto O. La declinacion del plano en este caso será occidental, y su valor el número de grados que haya desde el punto p hasta el q . La declinacion sería por el contrario oriental si la punta N. de la aguja hubiera marchado hácia el punto E; pero su valor será, como en el caso anterior, los grados que haya recorrido desde p .

91. Cuando la circunferencia trazada en el fondo de la caja no pudiera, por ser la aguja de pequeñas dimensiones, estar dividida en grados, procédase de la manera siguiente.

Tómese una tablita ABCD (fig.^a 26) como de unos dos decímetros de ancha y cuyos dos lados AB y CD sean paralelos. Tírese en ella la recta EF paralela al borde AB ó al CD, y haciendo centro hácia el punto medio de ella, trácese una semicircunferencia, y divídase en 180°, comenzando la numeracion de sus dos cuadrantes por el punto J. Colóquese sobre la tablilla una pequeña regla de madera que pueda á manera de alidada girar al rededor del centro de la semicir-

cunferencia, uniendo á ella por uno de los bordes paralelos á la línea N. S. la caja de la brújula.

Con este sencillo instrumento obtendremos con la suficiente exactitud la declinacion de un plano. Aplíquese para ello horizontalmente el lado CD al plano PL cuya declinacion se desea conocer, y hágase girar la alidada hasta que los extremos de la aguja se coloquen sobre el punto marcado en el fondo de la caja perteneciente al meridiano magnético. El valor de la declinacion será el número de grados comprendidos entre J y el lado m de la alidada, siendo oriental si ésta se hubiese detenido en el cuadrante JF, y occidental si en el JE.

92. Hemos supuesto hasta de ahora, que buscábamos la declinacion de la cara meridional de un plano: y aunque de cuanto dejamos apuntado podría inferirse lo que deberíamos hacer en el caso de que, no siendo posible obtener la declinacion de un plano septentrional por la del meridional, hubiese necesidad de buscar directamente la de aquel; preferimos sin embargo detenernos á hacer las dos indicaciones que bastan para ello.

Supongamos que disponemos de la brújula (fig.^a 25). Aplíquese á la pared el lado DF, y si la punta N. de la aguja ha marchado hácia q , la declinacion del plano será occidental, y oriental si ha marchado en direccion contraria á la de pq ; siendo en ambos casos el valor de la declinacion los grados recorridos por la aguja desde el punto p hasta el en que se ha detenido.

Si la declinacion se busca por medio del instrumento (fig.^a 26), aplíquese á la pared el lado AB; hágase girar la alidada hasta que la aguja se halle sobre el punto correspondiente al meridiano magnético, y si la alidada se ha girado para ello en direccion á F, la declinacion será occidental, y oriental si ha marchado hácia E, deduciendose su valor como hemos dicho en las últimas líneas del n.º 91.

93. Hemos llegado ya, una vez conocidos los procedimientos para determinar la posición de un plano vertical respecto de la recta ó plano que va de *Oeste* á *Este*, al problema general sobre el trazado de las rectas horarias en un plano vertical. Una condición más que en los problemas anteriores en los datos necesarios para la resolución del que ahora nos ocupa; el ningún conocimiento de las nociones más indispensables de Cosmografía, y sobre todo, la notoria inexactitud de los métodos que con frecuencia no se habían aprendido sino de oídas: he aquí motivos sobrado suficientes para que la generalidad de nuestros artesanos, poco versados además en la Geometría, encontrasen dificultades insuperables para trazar, no diré con exactitud, pero ni aun con regular aproximación, las líneas horarias sobre un plano vertical declinante.

Si el método, que hasta de ahora hemos seguido en el trazado de los cuadrantes, basado en la aplicación de los resultados que ofrece el cálculo de las ecuaciones trigonométricas, es notable por su sencillez y exactitud; lo es mucho más el presente, supuesto que aun aumentando las condiciones del problema, las operaciones gráficas para resolverlo son las mismas que en aquellos, é idéntica también su exactitud.

94. Sin embargo de que, como se infiere del párrafo anterior, el método que seguiremos para trazar estos cuadrantes es el mismo que hemos empleado para obtener los horizontales y verticales sin declinación; hemos creído por varias razones casi necesario, introducir en el caso presente dos modificaciones de pequeña importancia: dirigida la una á aminorar en lo posible, sin que por esto se dificulte más la ejecución práctica del problema, el número de tablas, que de lo contrario resultarían dobles, aumentando en consecuencia sin necesidad reconocida el volumen de esta obra; é introducida la otra por la particu-

laridad que ofrece el resultado del cálculo de la ecuación mediante la cual se obtienen las cantidades que forman las tablas. *

La primera de estas modificaciones consiste en trazar directamente por medio de las tablas las líneas horarias de la mañana, si la declinación de la pared fuere oriental, é indirectamente, una vez obtenidas aquellas, las de la tarde; y por el contrario; buscar primero las de la tarde si la declinación fuere occidental, y luego por medio de éstas obtener las de la mañana. **

La segunda modificación de mucha menos importancia, pues que nada añade, ni en nada complica el trazado del cuadrante, requiere que la recta, que en los cuadrantes sin

* La particularidad que ofrece el resultado de la ecuación de un cuadrante declinante respecto de la de otro sin declinación, está en los dos primeros miembros de sus respectivas ecuaciones: el primer miembro en la de éstos es la tangente, mientras que en aquellos lo es la cotangente.

** El procedimiento que para esto hay que seguir, se deduce y á la vez se demuestra fácilmente, analizando los resultados que ofrece la fórmula cuando se calculan para una misma declinación dos ó más horarias igualmente distantes del meridiano. Supongamos al efecto calculadas para una declinación oriental cualquiera las horarias de las 6 y 7 de la mañana, y sus correspondientes 6 y 5 de la tarde. Tirese á la recta ME (fig. 28) por un punto cualquiera de ella la perpendicular AB, y por dos puntos de esta situados á igual distancia y á un lado y á otro de M, trázense paralelas á la ME. Tomemos ahora sobre la AC partiendo de A las cantidades que, en fracción de AM, haya dado la fórmula para las líneas de las 6 y 7 de la mañana. Sea AJ la perteneciente á las 6, y JC la de las 7: Si por el punto J trazamos una recta á M, esta será la línea de las 6 de la mañana, y su prolongación M6 su correspondiente de la tarde: supuesto que las rectas JM y M6 representan mitades de un solo círculo resultantes de la intersección con el meridiano.

Antes de proceder á colocar sobre la otra vertical BD los puntos pertenecientes á las 7 y 5 de la tarde, nótese que, la cantidad correspondiente á las 7 de la mañana, es el resultado de la suma de los dos términos de que consta la ecuación, mientras que la de las 5 de la tarde es el de la diferencia.

Supongamos, para proceder con claridad, que el primer término de la ecuación ha dado 4 y el segundo 8. La distancia AJ valdrá pues 4, y 8 la JC. Pasemos á las horas de la tarde. La distancia B6 es, como AJ, igual á 4, por la igualdad de los triángulos MAJ y M6B: para colocar el segundo término de la ecuación, deberemos, supuesto que es negativo respecto del primero, tomar 8 hácia abajo del punto 6, ó 4 en la misma dirección partiendo de B. De aquí resulta, que la distancia de 6 á 5 será 8, como la que separa á las líneas 6 y 7 de la mañana.

Generalizando este resultado que es idéntico en las restantes líneas horarias diremos: que las distancias que median entre las 6 y otra hora cualquiera de la mañana y la misma hora de la tarde con su correspondiente á la de la mañana, tomadas sobre dos paralelas á la meridiana trazadas á un lado y á otro y á igual distancia de ella, son iguales.

declinacion trazábamos perpendicularmente á la meridiana para obtener en ella los puntos por donde pasaban las líneas horarias, se tire ahora paralelamente á la misma meridiana.

Hubiéramos evitado esta alteracion del procedimiento ordinario, si de hacerlo así, no hubiera resultado un aumento notable de trabajo por nuestra parte en la construccion de las tablas; ó hubiéramos podido con ese poquito mas de trabajo, disminuir ó simplificar en algun modo las operaciones gráficas necesarias para el trazado de estos cuadrantes.

Tras de estos preliminares y advertencias, pasemos á resolver como complemento y aclaracion material de cuanto acabamos de exponer, dos ejemplos: supondremos ser la declinacion oriental en el primero, y occidental en el segundo.

PROBLEMA IX.

1.º

Trazar para Cadiz un cuadrante meridional sobre una pared de 10º de declinacion oriental.

95. Por un punto cualquiera P de la recta MA, que en la pared debe ser una vertical, tírese á ella la perpendicular CD (fig.ª 27): tómese sobre esta recta á un lado y á otro de P las PC y PD iguales á un decímetro, y por los puntos C y D trácense á la vertical ME las paralelas CE y DF.

96. Hechas estas operaciones generales á todo cuadrante, entremos en las tablas siguientes con la declinacion de 10º y latitud de 36º 31' de Cadiz y encontraremos tomando en cuenta la parte proporcional debida á los 31'.

HORAS.

6	7	8	9	10	11	Substilar	Gnomon
<i>milimt.*</i>	<i>milimt.*</i>	<i>milimt.*</i>	<i>milimt.*</i>	<i>milimt.*</i>	<i>milimt.*</i>	<i>milímetros.</i>	<i>milímetros.</i>
12.9	32.8	70.8	122.5	212.2	457.3	426.3	129.5

Tómese sobre CE la CJ igual á 12.9 milímetros: por el punto J y por P trácese una recta, de suficiente longitud al

menos para que corte á la DF: la recta JP será la línea de las 6 de la mañana, y la otra la de igual hora de la tarde. Partiendo ahora del punto J, tómense sobre la CE las cantidades correspondientes á las demas horas de la mañana, y las rectas trazadas por los puntos obtenidos y por P serán las horarias. El punto correspondiente á la substilar ó línea sobre la que ha de colocarse el gnomon, se obtiene, tomando sobre la misma CE los milímetros correspondientes partiendo del punto C.

97. Si los puntos pertenecientes á las horas próximas á la de las 12 fueran á caer demasiado lejos de J, trácese otra paralela á MA de manera que Pm sea $1/10, 1/5, 1/2...$ de PC, dividiendo tambien por la misma cantidad las de las horas que se hayan de colocar sobre ella.

Siendo en nuestro ejemplo $Pm=1/10$ de PC, dividiremos por 10 cada una de las cantidades correspondientes á las horas 8, 9, 10, 11 y á la substilar, y colocando estas cantidades sobre la nueva paralela, partiendo desde su interseccion con la JP, sin olvidar la advertencia que hemos hecho respecto de la substilar, obtenemos los puntos n, r, o, p, q y z por los que deben pasar las horarias.

98. Para obtener las horas de la tarde, basta trasladar sobre la DF, partiendo del punto 6, las distancias J7, J8 etc., y trazar rectas al polo P por los puntos obtenidos: ó lo que es lo mismo, tomar en la mz las distancias $nr, no, nq...$ y trasladarlas partiendo de s á la paralela sS trazada á igual distancia de P que la que separa á la mp .

99. Describamos por último el ángulo que el gnomon debe formar con la substilar. Tómese para ello sobre esta recta desde el punto ó polo P del cuadrante un decímetro; tómense sobre ésta los 129.5 milímetros que dan las tablas, y trazando una recta indefinida desde P por el punto obtenido; el ángulo resultante será el que debe formar el gnomon con la substilar, sobre la cual deberá colocarse, procurando

que el plano formado por dicho ángulo sea perpendicular al del cuadrante.

No pudiendo en nuestro dibujo (fig. 27), obtener este ángulo en las proporciones arriba indicadas, por no permitirlo las dimensiones de la lámina, valiéndonos del procedimiento n.º 97, hemos tomado sobre la substilar la mitad de un decímetro, y por consiguiente sobre la perpendicular trazada á esa distancia, la mitad tambien de los 129.5 milímetros.

EJEMPLO 2.º

Sea occidental la declinacion del plano, y su valor y el de la latitud los mismos que en el caso anterior.

100. Como el valor numérico de las horas de la tarde en estos cuadrantes es el mismo que el de sus correspondientes de la mañana en el oriental, deberemos ejecutar sobre las paralelas DF y sS situadas á la derecha de la meridiana M 12 todas las construcciones, que en el problema anterior se han hecho sobre las CE y mz de la izquierda y vice-versa.

Véase la fig.ª 29, en la que las operaciones se han hecho sobre paralelas trazadas á un centímetro del polo, habiendo de antemano dividido por diez todas las cantidades dadas por las tablas.

ADVERTENCIA.

Si la declinacion oriental de un plano llega en nuestras latitudes á 31 ó 32º, el Sol le iluminará en todas las épocas del año en el momento de su orto. Para obtener, pues, las horarias de 5 y 4 de la mañana, bastará prolongar las de las 5 y 4 de la tarde.

Por el contrario: un plano cuya declinacion occidental sea de un número de grados igual al anterior, estará iluminado en el momento mismo del ocaso del Sol, pudiendo por consiguiente indicar horas mas distantes del meridiano que la de las 6 de la tarde. Para obtenerlas, prolonguense sus correspondientes 7 y 8 de la mañana.

PROBLEMA X.

Cuadrante declinante septentrional.

101. Digimos en el número 73, que el cuadrante trazado en la cara septentrional de un plano proporcionaba las horas que el descrito en la meridional no podía señalar, sin embargo de hallarse el Sol sobre el horizonte. De la misma manera, el cuadrante descrito en la cara meridional con declinacion oriental, indicará las horas de la tarde desde el momento en que el Sol cese de iluminar á ésta; á escepcion empero de alguna época del año en que, por la poca declinacion del plano juntamente con una grande declinacion S. del Sol, no llegue éste á cortar el plano de la pared sino en puntos de su curva diurna situados debajo del horizonte: y por el contrario; el descrito en la opuesta á la meridional con declinacion occidental nos dará las horas de la mañana durante las que el Sol permanece á espaldas de esta última despues de su aparicion sobre el horizonte.

Supongamos, pues, que se quiere delinear un cuadrante en la cara opuesta á la meridional con declinacion oriental.

Trácese el cuadrante como si hubiera de colocarse sobre esta última cara: prolonguense la substilar, el gnomon y todas las líneas horarias por la parte opuesta al polo, y conservando las que puedan ser útiles, bórrense las demás, que por regla general son las correspondientes á las horas

de la mañana desde las 12 de la noche inclusive, y las de las 9, 10 y 11 de la tarde que el cuadrante no puede señalar, por hallarse siempre el Sol á esas horas en nuestras latitudes debajo del horizonte.

Los procedimientos que se acaban de exponer, sugerirán las operaciones en un todo semejantes para trazar un cuadrante en una cara opuesta á la meridional con declinacion occidental.

102. Antes de terminar el presente capítulo, réstanos 1.º: resolver aquí el problema por el método ordinario de las proyecciones, con el objeto de que en las latitudes no comprendidas en las tablas insertas mas abajo, no se carezca de un medio para trazar los cuadrantes declinantes, 2.º: hacer algunas advertencias respecto de las correspondientes á las latitudes de 44° á 56°.

1.º

Suponiendo conocida la declinacion del plano, trácese á la horizontal indefinida AF (fig.ª 30) en un punto B la perpendicular BD: eligiendo para vértice un punto cualquiera de esta recta, constrúyase sobre ella, y á su izquierda si la declinacion es occidental, ó á su derecha si fuese oriental, el ángulo BDE igual al valor de dicha declinacion, y tírese una segunda perpendicular á la AF por el punto E donde la ha cortado la DE. Esta es la meridiana del cuadrante, y por consiguiente deberá ser en el plano una vertical.

Tómese la EF igual á la ED; hágase el ángulo EFP igual á la latitud, y trácese la FJ perpendicular á FP. De los dos puntos en que estas rectas han cortado á la meridiana, el superior pertenece al polo del reloj, y el inferior á la equinoccial; la que obtendremos, bajando una perpendicular indefinida desde J á la recta *substilar* trazada desde P por el punto B.

Córtese esta *substilar* desde J con la distancia JF, sea O el punto de interseccion. Tírese la JO, y desde el punto O como centro y con un radio arbitrario trácese una circunferencia: divídase ésta en 24 partes iguales, ó en 48 si quisiéramos obtener en el cuadrante las medias-horas, partiendo desde su interseccion con la JO, y desde el centro tírense rectas por los puntos de division hasta la equinoccial.

Obtenidos en esta recta los puntos horarios, trácense por ellos desde el polo rectas indefinidas y éstas serán las horarias.

Para obtener el ángulo que el gnomon forma con la *substilar*, levántese á esta recta en el punto B una perpendicular de longitud igual á la BD; sea la BG: por el punto G tírese desde el polo una recta indefinida, y el ángulo GPB será el que buscamos.

NOTA. Si se quieren delinear en el cuadrante mas rectas horarias de las que se hayan podido obtener dividiendo la equinoccial, recúrrase al procedimiento demostrado en la nota 2.ª al n.º 94; ó al expuesto en el n.º 97 despues de haber trazado dos rectas, una á cada lado de la meridiana, paralelas á ella, y á igual distancia del punto E.

2.º

103. Hallándose las cantidades horarias en las últimas tablas calculadas tan solo para cada 4° de declinacion, no es posible obtener por medio de una simple proporcion las correspondientes á cada uno de los grados intermedios. Nótese á este fin, que no siendo la diferencia entre cantidades pertenecientes á una misma horaria ni aun proximalmente la misma de 1° á 5° de declinacion que de 5° á 9°, de 9° á 13°..., no son aquellas ni directa ni inversamente proporcionales á éstas: condicion indispensable para que la

cuestion pudiera resolverse por sola la llamada regla de tres. Es preciso, pues, además acudir á los métodos de *interpolacion*, y con este objeto insertamos mas abajo una pequeña tabla á cuyo uso, así como á la resolucion completa del problema, dedicaremos dos ejemplos.

1.º

PROBLEMA. Deducir de las cantidades que da la tabla, en la latitud de 46º y para un plano de 4º de declinacion, la correspondiente á las 11 horas.

RESOL. Réstense entre sí las cantidades correspondientes á los dos grados de declinacion entre que se halla el propuesto y la del inmediato siguiente; repítase la operacion con los resultados que haya dado la primera resta, anteponiendo á cada una de ellas el signo que le corresponda, y tendremos:

Declinacion.	11 horas.	Diferencia 1.ª	Diferencia 2.ª
1.º . . .	537.2...	} — 2. 0 } .. + 2.5	}
5.º . . .	535.2...		
9.º . . .	530.7...		

Atendiendo en primer lugar á la diferencia 1.ª, la proporcion 4º : 3º :: 2.0 milímetros : x nos dá = 1.5 milímetros, que deberemos restar de 537.2 milímetros, en virtud del signo negativo que afecta á dicha diferencia. Para corregir el residuo 535.7 milímetros del efecto de diferencia 2.ª, búsquese ésta en la primera columna vertical de la izquierda de la tabla siguiente, y en su primera horizontal el número de grados de la declinacion del plano restado del que, en la tabla de las cantidades horarias sea su inmediato anterior; y en el concurso de la horizontal correspondiente á la primera

con la vertical del segundo, se encontrará la correccion que será { aditiva } si la diferencia 2.ª es { negativa }
{ sustractiva } { positiva }

En nuestro ejemplo, pues, esta correccion despreciando las centésimas es = 0.2 milímetros, que restados de 535.7 milímetros tendremos definitivamente 535.5 milímetros para cantidad horaria de las 11 de la mañana y 1 de la tarde.

Ejemplo 2.º

Calcular la cantidad horaria de las 11 horas para la latitud de 47º siendo la declinacion del plano = 1º.

Procediendo de una manera análoga á la del problema anterior, restaremos entre sí la cantidad perteneciente al grado de latitud anterior al propuesto, y las de los dos que siguen en las tablas; pero la correccion de la diferencia 2.ª la tomaremos en la columna vertical correspondiente á 2º, siempre que, el grado de latitud sea, como en nuestro ejemplo, un número entero intermedio entre los comprendidos en las tablas.

Latitud.	Declinacion=1º	Diferencia 1.ª	Diferencia 2.ª
46º . . .	537.2	} + 20.4 } + 2.5	}
48º . . .	557.6		
50º . . .	580.5		

La 1.ª correccion será = + 10.2 mil.ª mitad de la dif.ª 1.ª

La 2.ª = — 0.3 mil.ª

La definitiva = 9.9 »

La cantidad que se busca será pues = 537.2 + 9.9 mil.ª = 547.1 milímetros.

Tabla para la correccion de las diferencias 1.^{as}

Diferencia 2. ^a	GRADOS.	
	1° y 3°	2°
	Correccion	Correccion
<i>Milímetros.</i>	<i>Milímetros.</i>	<i>Milímetros.</i>
0.1	0.01	0.01
0.2	0.02	0.03
0.3	0.03	0.04
0.4	0.04	0.05
0.5	0.05	0.06
0.6	0.06	0.08
0.7	0.07	0.09
0.8	0.07	0.10
0.9	0.08	0.11
1.0	0.09	0.13
2.0	0.19	0.25
3.0	0.28	0.38
4.0	0.37	0.50
5.0	0.47	0.63
6.0	0.56	0.75

Advertimos por último, que las cantidades dadas en estas últimas tablas para obtener la substilar, deben tomarse sobre una perpendicular á la meridiana trazada á un decímetro del polo del cuadrante.

TABLAS

para delinear los Cuadrantes verticales declinantes.

-86-
LATITUD=36°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.
	6	7	8	9	10	11		
	6 6	5 5	4 4	3 3	2 2	1 1		
1°	1.3	33.1	71.4	123.6	214.1	461.2	4163.0	137.6
2	2.5	33.1	71.3	123.5	214.0	461.0	2081.8	137.4
3	3.8	33.1	71.3	123.4	213.8	460.7	1388.4	137.1
4	5.1	33.0	71.2	123.3	213.6	460.2	1041.6	136.7
5	6.3	33.0	71.1	123.1	213.3	459.6	833.6	136.1
6	7.6	32.9	71.0	122.9	212.9	458.8	695.1	135.5
7	8.9	32.9	70.8	122.7	212.5	457.9	596.2	134.7
8	10.1	32.8	70.7	122.4	212.0	456.8	522.0	133.9
9	11.4	32.7	70.5	122.1	211.5	455.6	464.4	132.9
10	12.6	32.6	70.3	121.7	210.8	454.3	418.4	131.8
11	13.9	32.5	70.1	121.3	210.2	452.8	386.8	130.7
12	15.1	32.4	69.8	120.9	209.4	451.2	349.4	129.4
13	16.3	32.3	69.5	120.4	208.6	449.5	328.0	128.1
14	17.6	32.1	69.2	119.9	207.7	447.6	300.3	126.7
15	18.8	32.0	68.9	119.4	206.8	445.6	280.7	125.2
16	20.0	31.8	68.6	118.8	205.8	443.4	263.6	123.7
17	21.2	31.7	68.3	118.2	204.7	441.2	248.5	122.1
18	22.4	31.5	67.9	117.6	203.6	438.7	235.1	120.5
19	23.7	31.3	67.5	116.9	202.4	436.2	223.2	119.8
20	24.9	31.1	67.1	116.2	201.2	433.5	212.4	117.0
21	26.0	30.9	66.6	115.4	199.9	430.7	202.7	115.2
22	27.2	30.7	66.2	114.6	198.5	427.7	193.9	113.4
23	28.4	30.5	65.7	113.8	197.1	424.6	185.9	111.6
24	29.6	30.3	65.2	112.9	195.6	421.4	178.6	109.7
25	30.7	30.0	64.7	112.0	194.0	418.1	171.9	107.8
26	31.9	29.8	64.1	111.1	192.4	414.6	165.7	105.9
27	33.0	29.5	63.6	110.1	190.8	411.0	160.0	104.0
28	34.1	29.2	63.0	109.1	189.0	407.3	154.8	102.1
29	35.2	29.0	62.4	108.1	187.3	403.5	149.9	100.0
30	36.3	28.7	61.8	107.1	185.4	399.5	145.3	98.2
31	37.4	28.4	61.2	106.0	183.5	395.4	141.1	96.3
32	38.5	28.1	60.5	104.8	181.6	391.2	137.1	94.3
33	39.6	27.8	59.9	103.7	179.5	386.9	133.4	92.4
34	40.6	27.5	59.2	102.5	177.5	382.4	129.9	90.4
35	41.7	27.1	58.5	101.3	175.4	377.9	126.7	88.5
36	42.7	26.8	57.7	100.0	173.2	373.2	123.6	86.6
37	43.7	26.4	57.0	98.7	171.0	368.4	120.7	84.7
38	44.7	26.1	56.2	97.4	168.7	363.5	118.0	82.8
39	45.7	25.7	55.5	96.1	166.4	358.5	115.5	80.9
40	46.7	25.4	54.7	94.7	164.0	353.4	113.0	79.0
41	47.7	25.0	53.9	93.3	161.6	348.2	110.7	77.1
42	48.6	24.6	53.0	91.9	159.1	342.8	108.6	75.2
43	49.5	24.2	52.2	90.4	156.6	337.4	106.5	73.4
44	50.5	23.8	51.3	88.9	154.0	331.8	104.6	71.6
45	51.4	23.4	50.5	87.4	151.4	326.2	102.8	69.8

-87-
LATITUD=36°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.
	6	7	8	9	10	11		
	6 6	5 5	4 4	3 3	2 2	1 1		
46°	52.3	23.0	49.6	85.9	148.7	320.5	101.0	68.0
47	53.1	22.6	48.7	84.3	146.0	314.6	99.3	66.2
48	54.0	22.2	47.8	82.7	143.2	308.7	97.7	64.5
49	54.8	21.7	46.8	81.1	140.5	302.6	96.3	62.7
50	55.7	21.3	45.9	79.5	137.6	296.5	94.7	61.0
51	56.5	20.8	44.9	77.8	134.7	290.3	93.4	59.2
52	57.2	20.4	43.9	76.1	131.8	284.0	92.1	57.5
53	58.0	19.9	42.9	74.4	128.8	277.6	91.0	55.7
54	58.8	19.5	41.9	72.7	125.8	271.1	89.8	54.1
55	59.5	19.0	40.9	70.9	122.8	264.6	88.8	52.4
56	60.2	18.5	39.9	69.1	119.7	258.0	87.7	51.8
57	60.9	18.0	38.9	67.3	116.6	251.3	86.7	49.1
58	61.6	17.6	37.8	65.5	113.5	244.5	85.7	47.5
59	62.3	17.1	36.8	63.7	110.3	237.6	84.8	45.8
60	62.9	16.6	35.7	61.8	107.1	230.7	83.9	44.2
61	63.5	16.1	34.6	59.9	103.8	223.7	83.1	42.6
62	64.1	15.6	33.5	58.0	100.5	216.6	82.3	41.1
63	64.7	15.0	32.4	56.1	97.2	209.4	81.6	39.5
64	65.3	14.5	31.3	54.2	93.9	202.2	80.8	38.0
65	65.9	14.0	30.2	52.2	90.5	195.0	80.2	36.4
66	66.4	13.5	29.0	50.3	87.1	187.6	79.5	34.9
67	66.9	12.9	27.9	48.3	83.7	180.3	78.9	33.3
68	67.4	12.4	26.7	46.3	80.2	172.8	78.3	31.8
69	67.8	11.9	25.6	44.3	76.7	165.3	77.8	30.3
70	68.3	11.3	24.4	42.3	73.2	157.8	77.3	28.8
71	68.7	10.8	23.2	40.2	69.7	150.2	76.9	27.2
72	69.1	10.2	22.1	38.2	66.2	142.6	76.4	25.8
73	69.5	9.7	20.9	36.1	62.6	134.9	76.0	24.3
74	69.8	9.1	19.7	34.1	59.0	127.2	75.6	22.9
75	70.2	8.6	18.5	32.0	55.4	119.4	75.3	21.4
76	70.5	8.0	17.3	29.9	51.8	111.6	74.9	20.0
77	70.8	7.5	16.1	27.8	48.2	103.8	74.6	18.5
78	71.1	6.9	14.8	25.7	44.5	95.9	74.3	17.1
79	71.3	6.3	13.6	23.6	40.9	88.0	74.1	15.6
80	71.6	5.8	12.4	21.5	37.2	80.1	73.8	14.2
81	71.8	5.2	11.2	19.3	33.5	72.2	73.6	12.8
82	71.9	4.6	9.9	17.2	29.8	64.2	73.4	11.4
83	72.1	4.0	8.7	15.1	26.1	56.2	73.2	9.9
84	72.3	3.5	7.5	12.9	22.4	48.2	73.1	8.5
85	72.4	2.9	6.2	10.8	18.7	40.2	72.9	7.1
86	72.5	2.4	4.9	8.6	15.0	32.2	72.8	5.7
87	72.5	1.8	3.7	6.5	11.3	24.2	72.8	4.2
88	72.6	1.2	2.4	4.3	7.6	16.1	72.7	2.8
89	72.6	0.6	1.2	2.2	3.8	8.1	72.7	1.4
90	72.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.7	0.0

LATITUD=37°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.*
	6	7	8	9	10	11		
	6 milim.	5 milim.*	4 milim.*	3 milim.*	2 milim.*	1 milim.*		
1°	1.3	33.6	72.3	125.2	216.8	467.2	4317.7	132.7
2	2.6	33.5	72.3	125.1	216.7	467.0	2159.2	132.5
3	3.9	33.5	72.2	125.0	216.6	466.7	1439.8	132.2
4	5.2	33.4	72.1	124.9	216.3	466.2	1080.3	131.8
5	6.6	33.4	72.0	124.7	216.0	465.5	864.6	131.3
6	7.9	33.3	71.9	124.5	215.6	464.7	720.9	130.7
7	9.2	33.3	71.8	124.3	215.2	463.8	613.3	130.0
8	10.5	33.2	71.6	124.0	214.7	462.8	541.4	129.2
9	11.8	33.1	71.4	123.7	214.2	461.6	481.7	128.3
10	13.1	33.0	71.2	123.3	213.6	460.2	434.0	127.4
11	14.4	32.9	71.0	122.9	212.9	458.7	394.9	126.3
12	15.7	32.8	70.7	122.5	212.1	457.1	362.4	125.2
13	16.9	32.7	70.5	122.0	211.3	455.3	335.0	123.9
14	18.2	32.6	70.2	121.5	210.4	453.4	311.5	122.6
15	19.5	32.4	69.8	120.9	209.5	451.4	291.1	121.2
16	20.7	32.3	69.5	120.3	208.5	449.2	273.4	119.8
17	22.0	32.1	69.1	119.7	207.4	446.9	257.7	118.3
18	23.2	31.9	68.8	119.1	206.3	444.4	243.9	116.8
19	24.5	31.7	68.4	118.4	205.1	441.8	231.5	115.2
20	25.8	31.5	67.9	117.7	203.8	439.1	220.3	113.6
21	27.0	31.3	67.5	116.9	202.5	436.3	210.3	111.9
22	28.2	31.1	67.0	116.1	201.1	433.3	201.2	110.2
23	29.4	30.9	66.5	115.3	199.6	430.2	192.9	108.4
24	30.6	30.7	66.0	114.4	198.1	426.9	185.3	106.7
25	31.8	30.4	65.5	113.5	196.6	423.5	178.3	104.9
26	33.0	30.2	65.0	112.6	194.9	420.0	171.9	103.1
27	34.2	29.9	64.5	111.6	193.2	416.4	166.0	101.3
28	35.3	29.6	63.9	110.6	191.5	412.6	160.5	99.5
29	36.5	29.3	63.2	109.5	189.7	408.7	155.4	97.6
30	37.7	29.0	62.6	108.4	187.8	404.7	150.7	95.8
31	38.8	28.7	62.0	107.3	186.1	400.6	146.3	93.9
32	39.9	28.5	61.3	106.2	184.3	396.3	142.2	92.1
33	41.0	28.2	60.6	105.0	182.1	391.9	138.4	90.2
34	42.1	27.8	59.9	103.8	179.8	387.4	134.8	88.4
35	43.2	27.5	59.2	102.6	177.7	382.8	131.4	86.5
36	44.3	27.2	58.5	101.3	175.5	378.0	128.2	84.7
37	45.4	26.8	57.7	100.0	173.2	373.2	125.2	82.8
38	46.4	26.5	57.0	98.7	170.9	368.2	122.4	81.0
39	47.4	26.1	56.2	97.3	168.5	363.2	119.7	79.2
40	48.4	25.7	55.4	95.9	166.1	358.0	117.2	77.3
41	49.4	25.3	54.6	94.5	163.7	352.7	114.9	75.5
42	50.4	24.9	53.7	93.1	161.2	347.3	112.6	73.7
43	51.4	24.5	52.9	91.6	158.6	341.8	110.5	72.0
44	52.4	24.1	52.0	90.1	156.0	336.2	108.5	70.2
45	53.3	23.7	51.1	88.5	153.4	330.4	106.6	68.4

LATITUD=37°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.*
	6	7	8	9	10	11		
	6 milim.	5 milim.*	4 milim.*	3 milim.*	2 milim.*	1 milim.*		
46°	54.2	23.3	50.2	87.0	150.7	324.6	104.8	66.7
47	55.1	22.9	49.3	85.4	147.9	318.7	103.0	65.0
48	56.0	22.4	48.4	83.8	145.1	312.7	101.3	63.2
49	56.9	22.0	47.4	82.2	142.3	306.6	99.8	61.5
50	57.7	21.6	46.5	80.5	139.4	300.4	98.4	59.8
51	58.6	21.1	45.5	78.8	136.5	294.1	97.0	58.1
52	59.3	20.7	44.6	77.1	133.5	287.7	95.6	56.4
53	60.2	20.2	43.5	75.4	130.5	281.2	94.3	54.8
54	60.9	19.7	42.5	73.6	127.5	274.6	93.1	53.1
55	61.7	19.2	41.5	71.8	124.4	268.0	92.0	51.5
56	62.5	18.8	40.5	70.0	121.3	261.3	90.9	49.9
57	63.2	18.3	39.4	68.2	118.1	254.5	89.9	48.3
58	63.9	17.8	38.3	66.4	114.9	247.6	88.9	46.7
59	64.6	17.3	37.2	64.5	111.7	240.7	87.9	45.1
60	65.2	16.8	36.1	62.6	108.4	233.7	87.0	43.5
61	65.9	16.3	35.0	60.7	105.1	226.6	86.1	42.0
62	66.5	15.8	33.9	58.8	101.8	219.4	85.3	40.4
63	67.1	15.2	32.8	56.8	98.5	212.2	84.5	38.9
64	67.7	14.7	31.7	54.9	95.1	204.9	83.8	37.4
65	68.3	14.2	30.6	52.9	91.7	197.5	83.1	35.9
66	68.8	13.7	29.5	50.9	88.2	190.1	82.5	34.4
67	69.4	13.1	28.3	48.9	84.7	182.6	81.9	32.9
68	69.9	12.6	27.1	46.9	81.2	174.9	81.3	31.4
69	70.4	12.0	25.9	44.9	77.7	167.5	80.7	29.9
70	70.8	11.5	24.7	42.9	74.2	159.8	80.2	28.4
71	71.3	10.9	23.5	40.8	70.6	152.1	79.7	26.9
72	71.7	10.4	22.3	38.7	67.0	144.4	79.2	25.4
73	72.1	9.8	21.1	36.6	63.4	136.6	78.8	24.0
74	72.4	9.3	19.9	34.5	59.8	128.8	78.4	22.5
75	72.8	8.7	18.7	32.4	56.1	121.0	78.0	21.1
76	73.1	8.1	17.5	30.3	52.5	113.1	77.6	19.7
77	73.4	7.5	16.3	28.2	48.8	105.1	77.3	18.3
78	73.7	7.0	15.1	26.1	45.1	97.2	77.0	16.9
79	74.0	6.4	13.8	23.9	41.4	89.2	76.7	15.4
80	74.2	5.9	12.6	21.8	37.7	81.2	76.5	14.0
81	74.4	5.3	11.3	19.6	33.9	73.1	76.3	12.6
82	74.6	4.7	10.1	17.5	30.2	65.1	76.1	11.2
83	74.8	4.1	8.8	15.3	26.4	57.0	75.9	9.8
84	74.9	3.5	7.6	13.1	22.7	48.9	75.7	8.4
85	75.1	2.9	6.3	10.9	18.9	40.7	75.6	7.0
86	75.2	2.4	5.1	8.7	15.2	32.6	75.5	5.6
87	75.2	1.8	3.8	6.5	11.4	24.4	75.5	4.2
88	75.3	1.2	2.6	4.4	7.6	16.3	75.4	2.8
89	75.3	0.6	1.3	2.2	3.8	8.2	75.4	1.4
90	75.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.4	0.0

-90-
LATITUD=38°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milime.*
1°	1.4	34.0	73.3	126.9	219.8	473.5	4476.6	127.9
2	2.7	34.0	73.3	126.8	219.7	473.3	2238.7	127.8
3	4.1	34.0	73.2	126.7	219.5	473.0	1492.8	127.6
4	5.4	34.0	73.1	126.6	219.3	472.5	1120.0	127.2
5	6.8	33.9	73.0	126.4	219.0	471.9	896.4	126.7
6	8.1	33.9	72.9	126.2	218.6	471.0	747.4	126.2
7	9.5	33.8	72.7	126.0	218.2	470.1	641.1	125.5
8	10.8	33.7	72.6	125.7	217.7	469.0	561.4	124.8
9	12.2	33.6	72.4	125.3	217.1	467.8	499.4	124.0
10	13.6	33.5	72.1	124.9	216.5	466.4	449.9	123.1
11	14.9	33.4	71.9	124.5	215.8	464.9	409.5	122.1
12	16.2	33.3	71.7	124.1	215.0	463.3	375.8	121.0
13	17.5	33.2	71.4	123.6	214.2	461.4	347.3	119.8
14	18.9	33.0	71.1	123.1	213.3	459.5	322.9	118.6
15	20.2	32.9	70.8	122.6	212.3	457.5	301.9	117.3
16	21.5	32.7	70.5	122.0	211.3	455.2	283.4	116.0
17	22.8	32.5	70.1	121.4	210.2	452.9	267.2	114.6
18	24.1	32.3	69.7	120.7	209.0	450.4	252.8	113.2
19	25.4	32.2	69.3	120.0	207.8	447.8	240.0	111.7
20	26.7	32.0	68.9	119.3	206.6	445.1	228.4	110.2
21	28.0	31.8	68.4	118.5	205.2	442.1	218.0	108.6
22	29.3	31.5	67.9	117.7	203.8	439.1	208.6	107.0
23	30.5	31.3	67.4	116.9	201.9	435.9	200.0	105.4
24	31.8	31.1	66.9	115.9	200.5	432.7	192.1	103.7
25	33.0	30.8	66.4	115.0	199.2	429.3	184.9	102.0
26	34.2	30.6	65.9	114.1	197.5	425.7	178.2	100.3
27	35.5	30.3	65.3	113.1	195.8	422.0	172.1	98.6
28	36.7	30.0	64.7	112.1	194.0	418.1	166.4	96.9
29	37.9	29.7	64.1	111.0	192.2	414.2	161.2	95.1
30	39.1	29.4	63.4	109.9	190.3	410.1	156.3	93.4
31	40.2	29.1	62.8	108.8	188.4	405.9	151.7	91.6
32	41.4	28.8	62.1	107.6	186.4	401.6	147.4	89.9
33	42.5	28.5	61.4	106.1	184.3	397.1	143.4	88.1
34	43.7	28.2	60.7	105.2	182.2	392.6	139.7	86.3
35	44.8	27.9	60.0	104.0	180.1	388.0	136.2	84.5
36	45.9	27.5	59.3	102.7	177.8	383.1	132.9	82.8
37	47.0	27.1	58.5	101.4	175.5	378.2	129.8	81.0
38	48.1	26.8	57.7	100.0	173.2	373.2	126.9	79.3
39	49.2	26.4	56.9	98.6	170.8	368.1	124.1	77.5
40	50.2	26.1	56.1	97.1	168.4	362.8	121.5	75.8
41	51.2	25.7	55.3	95.7	165.9	357.4	119.1	74.0
42	52.3	25.3	54.5	94.3	163.3	352.0	116.8	72.3
43	53.3	24.9	53.6	92.8	160.7	346.4	114.6	70.5
44	54.3	24.5	52.7	91.3	158.1	340.7	112.5	68.8
45	55.3	24.0	51.8	89.7	155.4	334.9	110.5	67.1

-91-
LATITUD=38°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.s	milim.s	milim.*	milim.	milim.*
46°	56.2	23.6	50.9	88.2	152.7	329.0	108.6	65.4
47	57.1	23.2	50.0	86.6	149.9	323.0	106.8	63.7
48	58.0	22.8	49.1	85.0	147.1	316.9	105.1	62.0
49	59.0	22.3	48.1	83.3	144.2	310.7	103.5	60.4
50	59.8	21.9	47.1	81.6	141.3	304.4	102.0	58.7
51	60.7	21.4	46.1	79.9	138.3	298.0	100.5	57.1
52	61.5	21.0	45.2	78.2	135.3	291.5	99.1	55.5
53	62.4	20.5	44.2	76.4	132.3	285.0	97.8	53.9
54	63.2	20.0	43.1	74.6	129.2	278.3	96.6	52.3
55	64.0	19.5	42.0	72.8	126.1	271.6	95.4	50.7
56	64.7	19.0	41.0	71.0	122.9	264.8	94.2	49.1
57	65.5	18.5	40.0	69.1	119.7	257.9	93.1	47.5
58	66.2	18.0	38.8	67.3	116.5	250.9	92.1	45.9
59	67.0	17.5	37.7	65.4	113.2	243.9	91.1	44.4
60	67.6	17.0	36.6	63.5	109.9	236.8	90.2	42.8
61	68.3	16.5	35.5	61.5	106.6	229.6	89.3	41.3
62	68.9	16.0	34.4	59.6	103.2	222.3	88.5	39.8
63	69.6	15.4	33.3	57.6	99.8	215.0	87.7	38.3
64	69.2	14.9	32.2	55.6	96.4	207.6	86.9	36.8
65	70.8	14.4	31.0	53.6	92.9	200.2	86.2	35.3
66	71.3	13.9	29.8	51.6	89.4	192.7	85.5	33.8
67	71.9	13.3	28.6	49.6	85.9	185.1	84.8	32.4
68	72.4	12.8	27.5	47.6	82.4	177.4	84.2	30.9
69	72.9	12.2	26.3	45.5	78.8	169.7	83.6	29.4
70	73.4	11.7	25.1	43.4	75.1	162.0	83.1	27.9
71	73.9	11.1	23.9	41.3	71.6	154.2	82.6	26.5
72	74.2	10.5	22.7	39.2	68.0	146.4	82.1	25.1
73	74.7	9.9	21.4	37.1	64.3	138.5	81.6	23.7
74	75.1	9.4	20.0	35.0	60.6	130.6	81.2	22.2
75	75.5	8.8	19.0	32.8	56.9	122.6	80.8	20.8
76	75.8	8.2	17.8	30.7	53.2	114.8	80.5	19.4
77	76.1	7.6	16.5	28.6	49.4	106.5	80.2	18.0
78	76.4	7.1	15.3	26.4	45.7	98.5	79.9	16.6
79	76.7	6.5	14.0	24.2	41.9	90.4	79.6	15.2
80	76.9	5.9	12.8	22.1	38.2	82.3	79.3	13.8
81	77.1	5.3	11.5	19.9	34.4	74.1	79.1	12.4
82	77.3	4.7	10.2	17.7	30.6	65.9	78.9	11.0
83	77.5	4.1	8.9	15.5	26.8	57.7	78.7	9.6
84	77.6	3.6	7.7	13.3	23.0	49.5	78.5	8.2
85	77.8	3.0	6.4	11.1	19.2	41.3	78.4	6.9
86	77.9	2.4	5.1	8.9	15.4	33.1	78.3	5.5
87	77.9	1.8	3.8	6.7	11.6	24.9	78.3	4.1
88	78.0	1.2	2.6	4.5	7.8	16.7	78.2	2.7
89	78.0	0.6	1.3	2.3	3.8	8.4	78.2	1.4
90	78.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.1	0.0

LATITUD=30°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Subsilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	
1°	1.4	34.5	74.3	128.7	222.8	480.2	4639.9	123.4
2	2.8	34.5	74.3	128.6	222.7	479.9	2320.3	123.3
3	4.2	34.4	74.2	128.5	222.6	479.6	1547.3	123.1
4	5.6	34.4	74.1	128.4	222.3	479.0	1160.9	122.8
5	7.1	34.3	74.0	128.2	222.0	478.4	929.1	122.3
6	8.5	34.3	73.9	128.0	221.6	477.6	774.7	121.8
7	9.9	34.2	73.7	127.7	221.2	476.7	664.5	121.2
8	11.3	34.2	73.6	127.4	220.7	475.5	581.9	120.5
9	12.7	34.1	73.4	127.1	220.1	474.3	517.7	119.8
10	14.1	33.9	73.1	126.7	219.4	472.9	466.3	118.9
11	15.4	33.8	72.9	126.3	218.7	471.3	424.4	118.0
12	16.8	33.7	72.7	125.9	218.0	469.7	389.5	117.0
13	18.2	33.6	72.4	125.4	217.2	467.9	360.0	115.9
14	19.6	33.5	72.1	124.9	216.3	466.0	334.7	114.8
15	21.0	33.3	71.7	124.3	215.2	463.8	312.9	113.6
16	22.3	33.2	71.4	123.7	214.2	461.6	293.8	112.4
17	23.7	33.0	71.0	123.1	213.1	459.2	277.0	111.1
18	25.0	32.8	70.6	122.4	211.9	456.7	262.1	109.7
19	26.4	32.6	70.2	121.7	210.7	454.1	248.7	108.3
20	27.7	32.4	69.8	120.9	209.4	451.3	236.8	106.9
21	29.0	32.2	69.4	120.1	208.0	448.4	226.0	105.4
22	30.3	32.0	68.9	119.3	206.6	445.3	216.2	103.9
23	31.6	31.8	68.4	118.5	205.1	442.1	207.2	102.4
24	32.9	31.5	67.9	117.6	203.6	438.7	199.1	100.8
25	34.2	31.3	67.3	116.6	202.0	435.3	191.6	99.2
26	35.5	31.0	66.8	115.7	200.3	431.7	184.7	97.6
27	36.8	30.7	66.2	114.7	198.6	427.9	178.4	96.0
28	38.0	30.5	65.7	113.6	196.8	424.0	172.5	94.4
29	39.3	30.2	65.0	112.5	194.9	420.0	167.0	92.7
30	40.5	29.9	64.3	111.4	193.0	415.9	162.0	91.0
31	41.7	29.6	63.7	110.3	191.0	411.7	157.2	89.3
32	42.9	29.2	63.0	109.1	189.0	407.3	152.8	87.6
33	44.1	28.9	62.3	107.9	186.9	402.8	148.7	85.9
34	45.3	28.6	61.6	106.7	184.8	398.1	144.8	84.2
35	46.4	28.2	60.9	105.4	182.6	393.4	141.2	82.5
36	47.6	27.9	60.1	104.1	180.4	388.5	137.8	80.8
37	48.8	27.5	59.3	102.8	178.1	383.5	134.6	79.2
38	49.9	27.2	58.5	101.4	175.7	378.4	131.5	77.5
39	51.0	26.8	57.7	100.0	173.2	373.2	128.7	75.8
40	52.0	26.4	57.0	98.6	170.8	367.9	126.0	74.1
41	53.1	26.0	56.1	97.1	168.2	362.5	123.4	72.4
42	54.2	25.6	55.2	95.6	165.6	356.9	121.0	70.7
43	55.2	25.2	54.3	94.1	163.0	351.2	118.7	69.1
44	56.3	24.8	53.4	92.6	160.3	345.4	116.5	67.4
45	57.3	24.4	52.5	91.0	157.6	339.6	114.5	65.8

LATITUD=30°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Subsilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	
46°	58.2	24.0	51.6	89.4	154.8	333.6	112.5	64.1
47	59.2	23.9	50.7	87.8	152.0	327.5	110.7	62.5
48	60.2	23.1	49.7	86.1	149.1	321.4	108.9	60.9
49	61.1	22.6	48.7	84.4	146.2	315.1	107.3	59.3
50	62.0	22.2	47.7	82.7	143.3	308.7	105.7	57.7
51	62.9	21.7	46.7	81.0	140.3	302.2	104.2	56.1
52	63.8	21.3	45.7	79.3	137.2	295.7	102.8	54.5
53	64.7	20.7	44.7	77.6	134.1	289.0	101.4	52.9
54	65.5	20.2	43.7	75.7	131.0	282.3	100.1	51.3
55	66.3	19.8	42.6	73.8	127.8	275.5	98.9	49.8
56	67.1	19.3	41.6	72.0	124.1	268.7	97.7	48.2
57	67.9	18.8	40.5	70.1	121.1	261.6	96.6	46.7
58	68.7	18.3	39.4	68.2	117.8	254.5	95.5	45.2
59	69.4	17.8	38.3	66.3	114.8	247.3	94.5	43.7
60	70.1	17.3	37.1	64.4	111.5	240.1	93.5	42.2
61	70.8	16.7	36.0	62.4	108.1	232.8	92.6	40.7
62	71.5	16.2	34.9	60.4	104.7	225.4	91.7	39.2
63	72.2	15.7	33.7	58.4	101.2	218.0	90.9	37.7
64	72.8	15.2	32.6	56.4	97.7	210.5	90.1	36.2
65	73.4	14.6	31.4	54.4	94.2	203.0	89.3	34.5
66	74.0	14.1	30.2	52.4	90.7	195.3	88.6	33.3
67	74.5	13.5	29.0	50.3	87.1	187.6	87.9	31.9
68	75.1	13.0	27.8	48.2	83.5	179.8	87.3	30.4
69	75.6	12.4	26.6	46.1	79.9	172.1	86.7	29.0
70	76.1	11.8	25.4	44.0	76.3	164.2	86.2	27.6
71	76.6	11.2	24.2	41.9	72.6	156.3	85.6	26.2
72	77.0	10.6	23.0	39.8	68.9	148.4	85.1	24.7
73	77.4	10.1	21.7	37.6	65.2	140.4	84.6	23.3
74	77.8	9.5	20.5	35.5	61.5	132.4	84.2	21.9
75	78.2	8.9	19.2	33.3	57.7	124.3	83.8	20.5
76	78.6	8.4	18.0	31.2	53.9	116.2	83.4	19.1
77	78.9	7.8	16.7	29.0	50.1	108.0	83.1	17.8
78	79.2	7.2	15.5	26.8	46.3	99.8	82.8	16.4
79	79.4	6.6	14.2	24.6	42.5	91.6	82.5	15.0
80	79.7	6.0	12.9	22.4	38.7	83.4	82.2	13.6
81	80.0	5.4	11.6	20.1	34.9	75.1	82.0	12.2
82	80.2	4.8	10.3	17.9	31.1	66.8	81.8	10.8
83	80.4	4.2	9.1	15.7	27.2	58.5	81.6	9.5
84	80.6	3.6	7.8	13.5	23.3	50.2	81.4	8.1
85	80.7	3.0	6.5	11.2	19.4	41.9	81.3	6.8
86	80.8	2.4	5.2	9.0	15.5	33.6	81.2	5.4
87	80.8	1.8	3.9	6.8	11.6	25.2	81.2	4.1
88	80.9	1.2	2.6	4.5	7.7	16.8	81.1	2.7
89	80.9	0.6	1.3	2.2	3.9	8.5	81.1	1.4
90	81.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.0	0.0

LATITUD=40°

Declinacon oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milim.*
1°	1.5	35.0	75.4	130.5	226.1	487.1	4807.8	119.1
2	2.9	35.0	75.4	130.5	226.0	486.9	2404.3	119.0
3	4.4	34.9	75.3	130.4	225.9	486.5	1603.3	118.9
4	5.8	34.9	75.2	130.3	225.6	485.9	1202.9	118.5
5	7.3	34.9	75.1	130.1	225.3	485.2	962.7	118.1
6	8.7	34.8	75.0	129.9	224.9	484.5	802.7	117.7
7	10.2	34.7	74.8	129.6	224.4	483.6	688.5	117.1
8	11.6	34.7	74.6	129.3	223.9	482.5	602.9	116.5
9	13.1	34.6	74.4	128.9	223.3	481.2	536.4	115.7
10	14.6	34.4	74.2	128.5	222.6	479.8	483.2	115.0
11	16.0	34.3	74.0	128.1	221.9	478.2	439.8	114.1
12	17.5	34.2	73.7	127.7	221.2	476.5	403.6	113.2
13	18.9	34.1	73.4	127.2	220.3	474.7	373.0	102.2
14	20.3	33.9	73.1	126.7	219.4	472.7	346.8	111.1
15	21.7	33.8	72.8	126.1	218.4	470.6	324.2	110.0
16	23.1	33.7	72.5	125.5	217.3	468.3	304.4	108.8
17	24.5	33.5	72.1	124.8	216.2	465.9	287.0	107.6
18	25.9	33.3	71.7	124.1	215.0	463.4	271.5	106.4
19	27.3	33.1	71.3	123.4	213.8	460.7	257.7	105.1
20	28.7	32.9	70.8	122.7	212.5	457.8	245.3	103.7
21	30.0	32.6	70.4	121.9	211.1	454.3	234.1	102.3
22	31.4	32.4	69.9	121.0	209.6	451.7	224.0	100.9
23	32.7	32.2	69.4	120.1	208.1	448.4	214.7	99.4
24	34.1	31.9	68.8	119.2	206.5	445.0	206.3	98.0
25	35.5	31.7	68.3	118.3	204.9	441.5	198.5	96.5
26	36.8	31.5	67.8	117.3	203.2	437.9	191.4	95.0
27	38.1	31.2	67.2	116.3	201.5	434.1	184.8	93.4
28	39.4	30.9	66.6	115.3	199.7	430.2	178.7	91.9
29	40.7	30.6	65.9	114.2	197.8	426.1	173.1	90.3
30	42.0	30.3	65.2	113.0	195.8	421.9	167.8	88.7
31	43.2	30.0	64.6	111.9	193.8	417.6	162.9	87.1
32	44.5	29.7	63.9	110.7	191.8	413.2	158.3	85.5
33	45.7	29.4	63.2	109.5	189.6	408.6	154.1	83.8
34	46.9	29.0	62.5	108.2	187.4	403.9	150.1	82.2
35	48.1	28.7	61.8	107.0	185.2	399.1	146.3	80.6
36	49.3	28.3	61.0	105.7	182.9	394.2	142.8	79.0
37	50.5	27.9	60.2	104.4	180.6	389.1	139.4	77.3
38	51.6	27.6	59.4	102.9	178.2	383.9	136.3	75.7
39	52.8	27.2	58.6	101.4	175.7	378.6	133.3	74.1
40	53.9	26.8	57.8	100.0	173.2	373.2	130.5	72.5
41	55.0	26.4	56.9	98.5	170.6	367.7	127.9	70.9
42	56.2	26.0	56.0	97.0	168.0	362.1	125.4	69.3
43	57.2	25.6	55.1	95.5	165.3	356.4	123.0	67.6
44	58.3	25.2	54.2	93.9	162.6	350.5	120.8	66.0
45	59.3	24.7	53.3	92.3	160.0	344.5	118.7	64.4

LATITUD=40°

Declinacon oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milim.*
46°	66.3	24.3	52.5	90.7	157.1	338.4	116.6	62.8
47	61.4	23.9	51.4	89.0	154.2	332.3	114.7	61.3
48	62.3	23.5	50.4	87.3	151.3	326.0	112.9	59.7
49	63.3	23.0	49.4	85.6	148.3	319.6	111.2	58.1
50	64.2	22.5	48.4	83.9	145.3	313.2	109.5	56.5
51	65.2	22.0	47.4	82.2	142.3	306.6	108.0	55.0
52	66.1	21.5	46.4	80.4	139.2	300.0	106.5	53.5
53	67.0	21.0	45.4	78.6	136.1	293.2	105.1	52.0
54	67.8	20.6	44.3	76.8	132.9	286.4	103.7	50.4
55	68.7	20.1	43.2	74.9	129.7	279.4	102.4	48.9
56	69.6	19.6	42.1	73.0	126.4	272.4	101.2	46.4
57	70.4	19.1	41.0	71.1	123.1	265.3	100.0	45.9
58	71.1	18.6	39.9	69.3	119.8	258.2	98.9	43.4
59	71.9	18.0	38.8	67.2	116.4	250.9	97.9	42.9
60	72.6	17.5	37.7	65.3	113.0	243.6	96.9	41.4
61	73.4	17.0	36.5	63.3	109.6	236.2	95.9	40.0
62	74.1	16.5	35.4	61.3	106.2	228.8	95.0	38.5
63	74.8	15.9	34.2	59.3	102.7	221.2	94.2	37.1
64	75.5	15.4	33.1	57.3	99.2	213.5	93.4	35.7
65	76.1	14.8	31.9	55.2	95.6	205.9	92.6	34.2
66	76.7	14.3	30.7	53.1	92.0	198.0	91.9	32.7
67	77.2	13.7	29.5	51.0	88.4	190.4	91.2	31.4
68	77.8	13.1	28.3	48.9	84.7	182.4	90.5	30.0
69	78.3	12.5	27.0	46.8	81.0	174.6	89.9	28.5
70	78.8	12.0	25.8	44.7	77.3	166.5	89.3	27.1
71	79.3	11.4	24.5	42.5	73.6	158.6	88.7	25.8
72	79.8	10.8	23.3	40.4	69.9	150.5	88.2	24.4
73	80.2	10.2	22.0	38.2	66.1	142.4	87.7	23.0
74	80.7	9.7	20.8	36.0	62.3	134.2	87.3	21.6
75	81.1	9.1	19.5	33.8	58.5	126.1	86.9	20.2
76	81.5	8.5	18.3	31.6	54.7	117.8	86.5	18.8
77	81.8	7.9	17.0	29.4	50.9	109.6	86.1	17.5
78	82.1	7.3	15.7	27.2	47.0	101.2	85.8	16.1
79	82.4	6.7	14.4	24.9	43.1	93.0	85.5	14.8
80	82.7	6.1	13.1	22.7	39.3	84.6	85.2	13.4
81	82.9	5.5	11.8	20.4	35.4	76.2	84.9	12.1
82	83.1	4.9	10.5	18.2	31.5	67.8	84.7	10.7
83	83.3	4.2	9.2	15.9	27.6	59.4	84.5	9.4
84	83.5	3.7	7.9	13.7	23.7	51.0	84.3	8.0
85	83.6	3.1	6.6	11.4	19.7	42.5	84.2	6.7
86	83.7	2.5	5.3	9.2	15.8	34.1	84.1	5.3
87	83.7	1.9	4.0	6.9	11.9	25.6	84.1	4.0
88	83.8	1.3	2.7	4.7	7.9	17.1	84.0	2.6
89	83.8	0.7	1.4	2.4	4.0	8.6	84.0	1.3
90	83.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.9	0.0

-96-
LATITUD=41°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	
1°	1.5	35.5	76.5	132.5	229.5	494.4	4980.8	115.0
2	3.0	35.5	76.5	132.4	229.4	494.2	2490.8	114.9
3	4.5	35.5	76.4	132.3	229.2	493.8	1661.0	114.7
4	6.0	35.4	76.3	132.2	228.9	493.3	1246.2	114.4
5	7.6	35.3	76.2	132.0	228.6	492.6	992.4	114.0
6	9.1	35.2	76.1	131.8	228.2	491.8	831.6	113.6
7	10.6	35.2	75.9	131.5	227.8	490.8	713.3	113.1
8	12.1	35.1	75.8	131.2	227.3	489.7	624.6	112.5
9	13.6	35.1	75.6	130.9	226.7	488.4	555.7	111.8
10	15.1	35.0	75.3	130.5	226.0	487.0	500.6	111.1
11	16.6	34.9	75.1	130.1	225.3	485.4	455.6	110.3
12	18.1	34.7	74.8	129.6	224.5	483.7	418.1	109.4
13	19.6	34.6	74.5	129.1	223.7	481.8	386.4	108.5
14	21.0	34.5	74.2	128.6	222.7	479.8	359.3	107.5
15	22.5	34.3	73.9	128.0	221.7	477.7	335.9	106.5
16	24.0	34.2	73.6	127.4	220.6	475.4	315.4	105.4
17	25.4	34.0	73.2	126.7	219.5	472.9	297.3	104.3
18	26.9	33.8	72.8	126.0	218.3	470.3	281.3	103.1
19	28.3	33.6	72.3	125.3	217.0	467.6	267.0	101.9
20	29.7	33.4	71.9	124.5	215.7	464.7	254.2	100.6
21	31.2	33.2	71.5	123.7	214.3	461.7	242.6	99.3
22	32.6	32.9	71.0	122.9	212.8	458.5	232.1	98.0
23	34.0	32.7	70.5	122.0	211.3	455.2	222.5	96.6
24	35.4	32.4	69.9	121.1	209.7	451.8	213.7	95.2
25	36.7	32.2	69.4	120.1	208.0	448.2	205.7	93.8
26	38.1	31.9	68.8	119.1	206.3	444.5	198.3	92.4
27	39.5	31.6	68.2	118.1	204.5	440.6	191.5	90.9
28	40.8	31.4	67.6	117.1	202.7	436.6	185.2	89.4
29	42.1	31.1	66.9	115.9	200.7	432.5	179.3	87.9
30	43.5	30.7	66.2	114.7	198.7	428.2	173.9	86.4
31	44.8	30.4	65.6	113.6	196.7	423.9	168.8	84.8
32	46.1	30.1	64.9	112.4	194.6	419.4	164.0	83.3
33	47.4	29.8	64.2	111.2	192.5	414.8	158.6	81.8
34	48.6	29.4	63.4	109.9	190.3	410.0	153.5	80.3
35	49.9	29.0	62.6	108.5	188.0	405.0	148.6	78.7
36	51.1	28.7	61.9	107.2	185.7	400.0	144.0	77.1
37	52.3	28.4	61.1	105.8	183.3	394.9	139.4	75.5
38	53.5	28.0	60.3	104.4	180.9	389.7	134.2	74.0
39	54.7	27.6	59.5	103.0	178.4	384.3	128.4	72.4
40	55.9	27.2	58.6	101.5	175.8	378.8	123.2	70.9
41	57.1	26.8	57.8	100.0	173.2	373.2	118.5	69.3
42	58.2	26.4	56.9	98.5	170.5	367.5	114.4	67.8
43	59.3	26.0	56.0	96.9	167.9	361.7	110.5	66.2
44	60.4	25.5	55.0	95.3	165.1	355.7	106.8	64.7
45	61.5	25.1	54.1	93.7	162.3	349.7	103.0	63.1

-97-
LATITUD=41°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	
46°	62.5	24.7	53.2	92.1	159.5	343.5	120.9	61.6
47	63.5	24.2	52.2	90.4	156.5	337.2	118.9	60.0
48	64.6	23.8	51.2	88.7	153.6	330.9	117.0	58.5
49	65.6	23.3	50.2	86.9	150.6	324.4	115.2	57.0
50	66.6	22.8	49.2	85.2	147.4	317.9	113.5	55.5
51	67.6	22.3	48.1	83.4	144.4	311.2	111.9	54.0
52	68.5	21.9	47.1	81.6	141.3	304.5	110.3	52.5
53	69.4	21.4	46.0	79.7	138.1	297.6	108.8	51.0
54	70.3	20.9	45.0	77.9	134.9	290.7	107.4	49.5
55	71.2	20.4	43.9	76.0	131.6	283.6	106.1	48.0
56	72.1	19.9	42.8	74.1	128.3	276.5	104.9	46.5
57	72.9	19.3	41.7	72.2	125.0	269.3	103.7	45.1
58	73.7	18.8	40.6	70.0	121.6	262.0	102.5	43.6
59	74.5	18.3	39.4	68.2	118.2	254.7	101.4	42.2
60	75.3	17.8	38.3	66.2	114.8	247.2	100.4	40.7
61	76.0	17.2	37.1	64.2	111.3	239.7	99.4	39.3
62	76.7	16.7	35.9	62.2	107.8	232.1	98.5	37.8
63	77.4	16.1	34.7	60.2	104.2	224.5	97.6	36.5
64	78.1	15.6	33.5	58.1	100.6	216.8	96.8	35.1
65	78.8	15.0	32.3	56.0	97.0	209.0	96.0	33.7
66	79.4	14.5	31.1	53.9	93.4	201.1	95.2	32.3
67	80.0	13.9	29.9	51.8	89.7	193.2	94.5	30.9
68	80.6	13.3	28.7	49.7	86.0	185.2	93.8	29.5
69	81.2	12.7	27.4	47.5	82.3	177.2	93.1	28.1
70	81.7	12.2	26.2	45.3	78.5	169.1	92.5	26.7
71	82.2	11.6	24.9	43.1	74.7	161.0	91.9	25.3
72	82.7	11.0	23.7	40.9	70.9	152.8	91.4	23.9
73	83.1	10.4	22.4	38.7	67.1	144.6	90.9	22.6
74	83.6	9.8	21.1	36.5	63.3	136.3	90.4	21.2
75	84.0	9.2	19.8	34.3	59.4	128.0	90.0	19.9
76	84.4	8.6	18.5	32.1	55.5	119.6	89.6	18.5
77	84.7	8.0	17.2	29.8	51.6	111.2	89.2	17.2
78	85.0	7.4	15.9	27.6	47.7	102.8	88.9	15.9
79	85.3	6.8	14.6	25.3	43.8	94.4	88.6	14.6
80	85.6	6.2	13.3	23.0	39.9	85.9	88.3	13.2
81	85.9	5.6	12.0	20.7	35.9	77.4	88.0	11.9
82	86.1	5.0	10.7	18.4	32.0	68.9	87.8	10.5
83	86.3	4.3	9.3	16.1	28.0	60.3	87.6	9.2
84	86.5	3.7	8.0	13.8	24.0	51.7	87.4	7.9
85	86.6	3.1	6.7	11.5	20.0	43.1	87.2	6.6
86	86.7	2.5	5.4	9.2	16.1	34.5	87.1	5.3
87	86.7	1.9	4.1	6.9	12.1	25.9	87.1	4.0
88	86.8	1.3	2.8	4.6	8.1	17.3	87.0	2.6
89	86.8	0.7	1.4	2.3	4.0	8.7	87.0	1.3
90	86.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0

LATITUD=42°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.
	6	7	8	9	10	11		
	6 milim.	5 milim.*	4 milim.*	3 milim.*	2 milim.*	1 milim.*		
1°	1.6	36.1	77.7	134.5	233.0	502.1	5159.2	111.0
2	3.1	36.0	77.7	134.5	232.9	501.9	2580.0	110.9
3	4.7	36.0	77.6	134.4	232.8	501.5	1720.4	110.7
4	6.3	36.0	77.5	134.3	232.5	501.0	1290.8	110.5
5	7.9	35.9	77.4	134.1	232.2	500.3	4033.1	110.1
6	9.4	35.9	77.3	133.9	231.8	499.5	861.4	109.7
7	11.0	35.8	77.1	133.6	231.3	498.5	738.8	109.2
8	12.5	35.7	76.9	133.3	230.8	497.3	647.0	108.7
9	14.1	35.6	76.7	132.9	230.2	496.0	575.6	108.1
10	15.6	35.5	76.5	132.6	229.5	494.6	518.5	107.4
11	17.1	35.4	76.3	132.1	228.8	493.0	471.9	106.6
12	18.7	35.3	76.0	131.6	228.0	491.2	433.1	105.8
13	20.2	35.2	75.7	131.1	227.1	489.3	400.3	105.0
14	21.8	35.0	75.4	130.6	226.1	487.2	372.2	104.1
15	23.3	34.8	75.1	130.0	225.1	485.1	347.9	103.1
16	24.8	34.7	74.7	129.4	224.1	482.8	326.7	102.1
17	26.3	34.5	74.3	128.7	222.9	480.3	308.0	101.0
18	27.8	34.3	73.9	128.0	221.7	477.6	291.4	99.9
19	29.3	34.1	73.5	127.2	220.4	474.8	276.6	98.8
20	30.8	33.9	73.0	126.4	219.0	471.9	263.3	97.6
21	32.3	33.7	72.5	125.6	217.6	468.8	251.3	96.3
22	33.7	33.5	72.0	124.8	216.1	465.6	240.4	95.1
23	35.2	33.2	71.5	123.9	214.6	462.3	230.4	93.8
24	36.6	32.9	71.0	122.9	212.9	458.9	221.4	92.5
25	38.1	32.6	70.4	121.9	211.2	455.1	213.1	91.1
26	39.5	32.4	69.8	120.9	209.5	451.4	205.4	89.8
27	40.9	32.1	69.2	119.9	207.7	447.5	198.3	88.4
28	42.3	31.8	68.6	118.8	205.8	443.4	191.8	87.0
29	43.7	31.5	68.0	117.7	203.8	439.2	185.7	85.5
30	45.2	31.2	67.3	116.6	201.8	434.9	180.1	84.1
31	46.4	30.9	66.6	115.4	199.8	430.5	174.8	82.6
32	47.7	30.6	65.9	114.1	197.7	425.9	169.9	81.2
33	49.1	30.3	65.2	112.9	195.5	421.2	165.3	79.7
34	50.4	29.9	64.4	111.6	193.2	416.3	161.0	78.2
35	51.6	29.6	63.7	110.3	190.9	411.4	157.0	76.7
36	52.9	29.2	62.9	108.5	188.5	406.3	153.2	75.2
37	54.2	28.8	62.1	107.5	186.1	401.1	149.6	73.7
38	55.5	28.4	61.3	106.1	183.6	395.8	146.3	72.2
39	56.7	28.0	60.4	104.6	181.1	390.3	143.1	70.7
40	57.9	27.6	59.5	103.1	178.5	384.7	140.1	69.2
41	59.1	27.2	58.6	101.6	175.9	379.0	137.2	67.7
42	60.3	26.8	57.7	100.0	173.2	373.2	134.6	66.2
43	61.5	26.4	56.8	98.4	170.5	367.3	132.0	64.8
44	62.6	25.9	55.9	96.8	167.7	361.3	129.6	63.5
45	63.7	25.5	54.9	95.2	164.8	355.1	127.3	61.8

LATITUD=42°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.
	6	7	8	9	10	11		
	6 milim.	5 milim.*	4 milim.*	3 milim.*	2 milim.*	1 milim.*		
46°	64.8	25.1	54.0	93.6	161.9	348.8	125.3	60.3
47	65.9	24.6	53.0	91.8	159.0	342.5	123.1	58.8
48	66.9	24.1	52.0	90.0	155.9	336.1	121.2	57.3
49	68.0	23.6	51.0	88.3	152.9	329.5	119.3	55.8
50	69.0	23.1	50.0	86.5	149.8	322.9	117.5	54.3
51	70.0	22.6	48.9	84.7	146.7	316.1	115.9	52.9
52	70.9	22.2	47.9	82.8	143.5	309.2	114.3	51.4
53	71.9	21.7	46.8	81.0	140.3	302.2	112.8	50.0
54	72.8	21.2	45.7	79.1	137.0	295.1	111.3	48.5
55	73.8	20.7	44.6	77.2	133.7	288.0	109.9	47.1
56	74.6	20.2	43.5	75.2	130.3	280.8	108.6	45.7
57	75.5	19.6	42.3	73.3	126.9	273.5	107.4	44.3
58	76.3	19.1	41.2	71.3	123.4	266.2	106.2	42.8
59	77.2	18.6	40.0	69.3	120.0	258.7	105.1	41.4
60	78.0	18.1	38.9	67.2	116.5	251.1	104.0	40.0
61	78.8	17.5	37.7	65.2	113.0	243.5	103.0	38.6
62	79.5	17.0	36.5	63.1	109.4	235.8	102.0	36.2
63	80.2	16.4	35.3	61.1	105.8	228.0	101.1	35.8
64	80.9	15.8	34.1	59.0	102.1	220.1	100.2	34.4
65	81.6	15.2	32.8	56.9	98.5	212.2	99.4	33.1
66	82.2	14.7	31.6	54.7	94.8	204.2	98.6	31.7
67	82.9	14.1	30.4	52.6	91.1	196.2	97.8	30.3
68	83.5	13.5	29.1	50.4	87.3	188.1	97.1	28.9
69	84.1	12.9	27.8	48.2	83.5	180.0	96.4	27.6
70	84.6	12.3	26.6	46.0	79.7	171.8	95.8	26.2
71	85.1	11.7	25.3	43.8	75.9	163.5	95.2	24.9
72	85.6	11.1	24.0	41.5	72.0	155.2	94.7	23.6
73	86.1	10.5	22.7	39.3	68.1	146.8	94.2	22.3
74	86.6	9.9	21.4	37.0	64.2	138.4	93.7	20.9
75	87.0	9.3	20.1	34.8	60.3	130.0	93.2	19.6
76	87.3	8.7	18.8	32.5	56.3	121.5	92.8	18.3
77	87.7	8.1	17.5	30.3	52.4	113.0	92.4	17.0
78	88.1	7.5	16.3	28.0	48.4	104.4	92.1	15.6
79	88.4	6.9	14.8	25.7	44.5	95.8	91.7	14.3
80	88.6	6.3	13.5	23.4	40.5	87.2	91.4	13.0
81	88.9	5.6	12.2	21.1	36.5	78.6	91.1	11.7
82	89.2	5.0	10.9	18.7	32.4	69.9	90.9	10.4
83	89.4	4.4	9.5	16.4	28.4	61.2	90.7	9.1
84	89.6	3.8	8.2	14.0	24.3	52.5	90.6	7.8
85	89.7	3.1	6.8	11.7	20.3	43.8	90.4	6.5
86	89.8	2.5	5.5	9.3	16.3	35.1	90.3	5.2
87	89.9	1.9	4.1	7.0	12.2	26.3	90.2	3.9
88	89.9	1.3	2.8	4.6	8.2	17.6	90.1	2.6
89	90.0	0.7	1.4	2.3	4.1	8.8	90.1	1.3
90	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

-100-
LATITUD=43°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.
	6	7	8	9	10	11		
	6 milim.	5 milim.*	4 milim.*	3 milim.*	2 milim.*	1 milim.*		
1°	1.6	36.6	78.9	136.7	236.8	510.2	5343.2	107.2
2	3.2	36.6	78.9	136.6	236.7	510.0	2672.0	107.1
3	4.9	36.6	78.8	136.5	236.5	509.6	1781.8	106.9
4	6.5	36.6	78.8	136.4	236.3	509.0	1336.8	106.7
5	8.1	36.5	78.7	136.2	236.0	508.3	1069.9	106.4
6	9.8	36.5	78.6	136.0	235.6	507.5	892.1	106.0
7	11.4	36.4	78.4	135.7	235.1	506.5	765.2	105.5
8	13.0	36.3	78.2	135.4	234.6	505.3	670.0	105.1
9	14.6	36.2	78.0	135.0	233.9	504.0	596.1	104.5
10	16.2	36.1	77.7	134.6	233.2	502.5	537.0	103.9
11	17.8	36.0	77.5	134.2	232.5	501.9	488.7	103.1
12	19.4	35.8	77.2	133.7	231.6	499.1	448.5	102.4
13	21.0	35.7	77.0	133.2	230.7	497.2	414.5	101.6
14	22.6	35.6	76.7	132.7	229.8	495.1	385.5	100.8
15	24.1	35.4	76.3	132.1	228.8	492.9	360.3	99.8
16	25.7	35.2	75.9	131.5	227.7	490.6	338.3	98.9
17	27.3	35.0	75.5	130.8	226.5	488.0	318.9	97.9
18	28.9	34.8	75.1	130.1	225.2	485.3	301.8	96.8
19	30.4	34.6	74.6	129.3	223.9	482.5	286.4	95.7
20	31.9	34.4	74.2	128.5	222.5	479.5	272.7	94.6
21	33.4	34.2	73.8	127.7	221.1	476.4	260.2	93.5
22	34.9	34.0	73.2	126.8	219.6	473.1	248.9	92.3
23	36.4	33.8	72.7	125.9	218.0	469.7	238.7	91.0
24	37.9	33.5	72.1	124.9	216.3	466.2	229.3	89.8
25	39.4	33.2	71.6	123.9	214.0	462.5	220.7	88.5
26	40.9	32.9	71.0	122.9	212.8	458.7	212.7	87.2
27	42.3	32.6	70.3	121.8	211.0	454.7	205.4	85.9
28	43.8	32.3	69.7	120.7	209.1	450.6	198.6	84.6
29	45.2	32.0	69.0	119.6	207.1	446.3	192.3	83.2
30	46.6	31.8	68.4	118.4	205.1	442.0	186.5	81.9
31	48.0	31.5	67.7	117.2	203.0	437.5	181.1	80.5
32	49.4	31.1	66.9	116.0	200.8	432.8	176.0	78.1
33	50.8	30.8	66.2	114.7	198.6	428.0	171.2	77.7
34	52.2	30.4	65.4	113.4	196.3	423.1	166.8	76.3
35	53.5	30.0	64.7	112.0	194.0	418.0	162.6	74.8
36	54.8	29.7	63.9	110.6	191.6	412.8	158.6	73.4
37	56.1	29.3	63.0	109.2	189.2	407.5	155.0	72.0
38	57.4	28.9	62.2	107.8	186.7	402.1	151.5	70.6
39	58.7	28.5	61.3	106.3	184.1	396.6	148.2	69.1
40	59.9	28.1	60.5	104.8	181.5	391.0	145.1	67.7
41	61.2	27.7	59.6	103.3	178.8	385.2	142.1	66.2
42	62.4	27.2	58.7	101.6	176.0	379.2	139.3	64.8
43	63.6	26.8	57.8	100.1	173.2	373.2	136.7	63.3
44	64.8	26.3	56.8	98.4	170.4	367.1	134.3	61.9
45	65.9	25.9	55.8	96.7	167.5	360.8	131.9	60.4

-101-
LATITUD=43°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar. milim.	Gnomon. milim.*
	6	7	8	9	10	11		
	6 milim.	5 milim.*	4 milim.*	3 milim.s	2 milim.s	1 milim.*		
46°	67.0	25.5	54.8	95.0	164.5	354.5	129.6	59.1
47	68.2	25.0	53.8	93.3	161.5	348.0	127.5	57.6
48	69.3	24.5	52.8	91.5	158.5	341.5	125.5	56.2
49	70.4	24.0	51.7	89.7	155.4	334.8	123.6	54.7
50	71.5	23.6	50.7	87.9	152.2	328.0	121.7	53.3
51	72.5	23.1	49.7	86.1	149.0	321.1	120.0	51.8
52	73.5	22.6	48.6	84.2	145.8	314.1	118.3	50.4
53	74.5	22.1	47.5	82.3	142.5	307.1	116.8	49.0
54	75.5	21.6	46.4	80.4	139.2	300.0	115.3	47.6
55	76.4	21.0	45.3	78.4	135.8	292.7	113.9	46.2
56	77.3	20.5	44.2	76.5	132.4	285.4	112.5	44.8
57	78.2	20.0	43.0	74.5	129.0	277.9	111.2	43.4
58	79.1	19.5	41.9	72.5	124.5	270.4	110.0	42.1
59	79.9	18.9	40.7	70.4	122.0	262.8	108.8	40.7
60	80.7	18.4	39.5	68.4	118.4	255.2	107.7	39.3
61	81.6	17.8	38.3	66.3	114.8	247.4	106.6	37.9
62	82.4	17.2	37.1	64.2	111.2	239.6	105.6	36.5
63	83.1	16.6	35.8	62.1	107.5	231.7	104.6	35.2
64	83.8	16.1	34.6	60.0	103.8	223.8	103.7	33.8
65	84.5	15.5	33.4	57.8	100.1	215.7	102.8	32.5
66	85.2	14.9	32.2	55.6	96.3	207.6	102.0	31.1
67	85.8	14.3	30.9	53.4	92.5	199.4	101.2	29.8
68	86.5	13.7	29.6	51.2	88.7	191.2	100.5	28.5
69	87.1	13.1	28.3	49.0	84.9	182.9	99.8	27.2
70	87.6	12.5	27.0	46.8	81.0	174.5	99.2	25.8
71	88.2	11.9	25.7	44.5	77.1	166.1	98.5	24.5
72	88.7	11.3	24.4	42.3	73.2	157.7	97.9	23.2
73	89.2	10.7	23.1	40.0	69.2	149.2	97.4	21.9
74	89.6	10.1	21.8	37.7	65.3	140.7	97.0	20.6
75	90.1	9.5	20.4	35.4	61.3	132.1	96.5	19.3
76	90.5	8.9	19.1	33.1	57.3	123.5	96.4	18.0
77	90.9	8.2	17.8	30.8	53.3	114.8	95.7	16.7
78	91.2	7.6	16.5	28.5	49.3	106.1	95.3	15.4
79	91.5	7.0	15.1	26.1	45.2	97.4	95.0	14.1
80	91.8	6.4	13.8	23.8	41.2	88.6	94.7	12.8
81	92.1	5.7	12.4	21.4	37.1	79.8	94.4	11.5
82	92.4	5.1	11.0	19.1	33.0	71.0	94.2	10.2
83	92.6	4.5	9.6	16.7	28.9	62.2	94.0	9.0
84	92.8	3.9	8.3	14.3	24.8	53.4	93.8	7.7
85	92.9	3.2	6.9	11.9	20.6	44.5	93.6	6.4
86	93.0	2.6	5.6	9.6	16.5	35.7	93.5	5.1
87	93.1	2.0	4.3	7.2	12.4	26.8	93.5	3.8
88	93.2	1.3	2.9	4.8	8.3	17.9	93.4	2.5
89	93.3	0.7	1.5	2.4	4.1	8.9	93.4	1.3
90	93.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.3	0.0

LATITUD=44°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	
1°	1.7	37.2	80.3	139.0	240.8	518.7	5533.2	103.5
2	3.4	37.2	80.3	138.9	240.7	518.5	2767.1	103.4
3	5.1	37.2	80.2	138.8	240.5	518.1	1845.2	103.2
4	6.7	37.2	80.1	138.7	240.2	517.6	1384.4	103.0
5	8.4	37.1	80.0	138.5	239.9	516.9	1108.0	102.7
6	10.1	37.1	79.9	138.3	239.5	516.0	923.9	102.4
7	11.8	37.0	79.7	138.0	239.0	515.0	792.4	102.0
8	13.4	36.9	79.5	137.7	238.5	513.8	693.9	101.6
9	15.1	36.8	79.3	137.3	237.8	512.4	617.3	101.0
10	16.8	36.7	79.0	136.9	237.1	510.9	556.1	100.4
11	18.4	36.6	78.8	136.5	236.4	509.3	506.1	99.7
12	20.1	36.4	78.5	136.0	235.5	507.5	464.5	99.1
13	21.7	36.3	78.2	135.5	234.6	505.5	429.3	98.3
14	23.4	36.1	77.9	134.9	233.6	503.4	399.2	97.5
15	25.0	36.0	77.5	134.3	232.6	501.1	373.1	96.6
16	26.6	35.8	77.2	133.6	231.6	498.7	350.3	95.7
17	28.2	35.6	76.8	132.9	230.4	496.2	330.3	94.8
18	29.8	35.4	76.4	132.2	229.1	493.5	312.5	93.8
19	31.4	35.2	75.9	131.4	227.7	490.6	296.6	92.8
20	33.0	35.0	75.5	130.7	226.3	487.6	282.4	91.7
21	34.6	34.8	75.0	129.8	224.9	484.4	269.5	90.6
22	36.2	34.5	74.4	128.9	223.3	481.1	257.8	89.5
23	37.7	34.3	73.9	128.0	221.7	477.6	247.1	88.4
24	39.3	34.0	73.3	127.0	220.0	474.0	237.4	87.2
25	40.8	33.8	72.8	126.0	218.2	470.2	228.5	86.0
26	42.3	33.5	72.2	125.0	216.4	466.3	220.3	84.8
27	43.8	33.2	71.5	123.9	214.5	462.3	212.7	83.5
28	45.3	32.9	70.9	122.8	212.6	458.1	205.7	82.2
29	46.8	32.6	70.2	121.6	210.6	453.8	199.2	80.9
30	48.3	32.2	69.5	120.4	208.5	449.3	193.1	79.6
31	49.8	31.9	68.8	119.2	206.4	444.7	187.5	78.3
32	51.2	31.6	68.1	117.9	204.2	440.0	182.2	77.0
33	52.6	31.3	67.3	116.6	202.0	435.1	177.3	75.6
34	54.0	30.9	66.5	115.2	199.6	430.1	172.7	74.3
35	55.4	30.5	65.7	113.9	197.2	425.0	168.4	72.9
36	56.8	30.2	64.9	112.5	194.8	419.8	164.3	71.6
37	58.1	29.8	64.1	111.0	192.3	414.4	160.5	70.2
38	59.5	29.4	63.3	109.5	189.7	408.9	156.9	68.8
39	60.8	29.0	62.4	108.0	187.1	403.2	153.5	67.4
40	62.1	28.5	61.5	106.5	184.4	397.4	150.2	66.0
41	63.4	28.1	60.6	104.9	181.7	391.6	147.2	64.6
42	64.6	27.7	59.6	103.3	178.9	385.6	144.4	63.3
43	65.9	27.3	58.7	101.7	176.1	379.5	141.6	61.9
44	67.1	26.8	57.7	100.0	173.2	373.2	139.1	60.5
45	68.3	26.3	56.8	98.3	170.3	366.9	136.6	59.1

LATITUD=44°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	
46°	69.5	25.9	55.8	96.6	167.3	360.4	134.3	57.7
47	70.6	25.4	54.7	94.8	164.2	353.8	132.0	56.3
48	71.8	24.9	53.7	93.0	161.1	347.2	130.0	54.9
49	72.9	24.4	52.7	91.2	158.0	340.4	128.0	53.5
50	74.0	23.9	51.6	89.4	154.8	333.5	126.1	52.1
51	75.1	23.4	50.5	87.5	151.5	326.5	124.3	50.8
52	76.1	22.9	49.4	85.6	148.2	319.4	122.5	49.4
53	77.1	22.4	48.3	83.7	144.9	312.2	120.9	48.0
54	78.1	21.9	47.2	81.8	141.5	304.9	119.3	46.6
55	79.1	21.4	46.0	79.7	138.1	297.6	117.9	45.3
56	80.1	20.9	44.9	77.7	134.6	290.2	116.5	43.9
57	81.0	20.3	43.7	75.7	131.1	282.6	115.2	42.6
58	81.9	19.8	42.5	73.7	127.6	274.9	113.9	41.2
59	82.8	19.2	41.3	71.6	124.0	267.2	112.7	39.9
60	83.7	18.7	40.1	69.5	120.4	259.4	111.5	38.5
61	84.5	18.1	38.9	67.4	116.7	251.5	110.4	37.2
62	85.3	17.5	37.7	65.3	113.0	243.5	109.4	35.9
63	86.0	16.9	36.4	63.1	109.3	235.5	108.4	34.6
64	86.8	16.3	35.2	61.0	105.6	227.4	107.5	33.2
65	87.5	15.7	33.9	58.8	101.8	219.3	106.6	31.9
66	88.2	15.2	32.7	56.6	98.0	211.0	105.7	30.6
67	88.9	14.6	31.4	54.3	94.1	202.7	104.9	29.3
68	89.6	14.0	30.1	52.1	90.2	194.3	104.2	28.0
69	90.2	13.4	28.8	49.8	86.3	185.9	103.5	26.7
70	90.8	12.8	27.5	47.6	82.4	177.4	102.8	25.4
71	91.3	12.1	26.1	45.3	78.4	168.9	102.2	24.1
72	91.9	11.5	24.8	43.0	74.4	160.3	101.6	22.8
73	92.4	10.9	23.5	40.7	70.4	151.7	101.0	21.5
74	92.9	10.3	22.2	38.4	66.4	143.0	100.5	20.2
75	93.3	9.6	20.8	36.0	62.3	134.3	100.0	19.0
76	93.7	9.0	19.5	33.7	58.3	125.5	99.5	17.7
77	94.1	8.4	18.1	31.3	54.2	116.7	99.1	16.4
78	94.5	7.8	16.7	28.9	50.1	107.9	98.7	15.1
79	94.8	7.1	15.3	26.5	45.9	99.0	98.3	13.9
80	95.1	6.5	14.0	24.2	41.8	90.1	98.0	12.6
81	95.4	5.8	12.6	21.8	37.7	81.2	97.7	11.3
82	95.6	5.2	11.2	19.4	33.5	72.1	97.5	10.0
83	95.9	4.5	9.8	16.9	29.4	63.2	97.3	8.8
84	96.1	3.9	8.4	14.5	25.2	54.2	97.1	7.5
85	96.2	3.2	7.0	12.1	21.0	45.2	96.9	6.3
86	96.3	2.5	5.6	9.7	16.8	36.2	96.8	5.0
87	96.4	1.9	4.2	7.3	12.6	27.1	96.8	3.8
88	96.5	1.2	2.8	4.9	8.4	18.1	96.7	2.5
89	96.5	0.6	1.4	2.5	4.2	9.0	96.7	1.2
90	96.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.6	0.0

LATITUD=45°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milime.*
1°	1.8	38.6	83.1	143.9	249.3	537.2	1.7	96.5
5	9.0	38.4	82.8	143.4	248.4	535.2	8.4	95.9
9	16.2	38.1	82.1	142.2	246.3	530.7	15.1	94.3
13	23.3	37.6	81.0	140.3	242.9	523.5	21.7	91.9
17	30.3	36.9	79.5	137.7	238.4	513.8	28.2	88.9
21	37.1	36.0	77.6	134.4	232.8	501.6	34.6	85.2
25	43.8	35.0	75.3	130.5	226.0	486.9	40.8	81.0
29	50.2	33.7	72.7	125.9	218.1	469.9	46.8	76.5
33	56.4	32.4	69.7	120.7	209.1	450.6	52.6	71.7
37	62.3	30.8	66.4	115.0	199.1	429.1	58.1	66.7
41	67.9	29.1	62.7	108.6	188.2	405.5	63.4	61.6
45	73.2	27.3	58.8	101.8	176.3	379.9	68.3	56.4
49	78.2	25.3	54.5	94.4	163.6	352.5	72.9	51.2
53	82.7	23.2	50.0	86.6	150.1	323.3	77.1	46.0
57	86.9	21.0	45.3	78.4	135.8	292.6	81.0	40.9
61	90.6	18.7	40.3	69.8	120.9	260.5	84.5	35.8

LATITUD=47°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milime.*
1°	2.1	41.7	89.8	155.5	269.4	580.1	1.5	83.9
5	10.4	41.5	89.5	155.0	268.4	578.4	7.3	83.4
9	18.6	41.2	88.7	153.7	266.1	573.5	13.1	82.2
13	26.8	40.6	87.5	151.6	262.6	565.7	18.9	80.3
17	34.9	39.9	85.9	148.8	257.7	555.2	24.5	77.9
21	42.7	38.9	83.9	145.2	251.6	542.0	30.1	75.0
25	50.4	37.8	81.4	141.0	244.2	526.2	35.5	71.7
29	57.8	36.5	78.6	136.1	235.7	507.8	40.7	68.0
33	64.9	35.0	75.3	130.5	226.0	486.9	45.7	64.0
37	71.7	33.3	71.7	124.2	215.2	463.7	50.5	59.8
41	78.2	31.5	67.8	117.4	203.4	438.2	55.0	55.5
45	84.3	29.5	63.5	110.0	190.5	410.6	59.3	51.0
49	89.9	27.4	58.9	102.1	176.8	380.9	63.3	46.5
53	95.2	25.1	54.1	93.6	162.2	349.4	67.0	42.0
57	100.0	22.7	48.9	84.7	146.8	316.2	70.4	37.4
61	104.2	20.2	43.5	75.4	130.6	281.5	73.4	32.8

LATITUD=46°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milim.*
1°	1.9	40.0	86.3	149.4	258.8	557.6	1.6	90.0
5	9.7	39.9	86.0	148.9	257.9	555.6	7.8	89.4
9	17.4	39.6	85.2	147.6	255.7	550.9	14.1	88.1
13	25.0	39.0	84.1	145.6	252.2	543.4	20.3	86.0
17	32.5	38.3	82.5	142.9	247.5	533.4	26.3	83.3
21	39.8	37.4	80.6	139.5	241.7	520.7	32.3	80.0
25	46.9	36.3	78.2	135.4	234.6	505.5	38.1	76.3
29	53.8	35.0	75.5	130.7	226.4	487.8	43.7	72.2
33	60.5	33.6	72.4	125.3	217.1	467.8	49.0	67.8
37	66.8	32.0	68.9	119.4	206.7	445.6	54.2	63.2
41	72.9	30.2	65.1	112.8	195.4	421.0	59.1	58.5
45	78.5	28.3	61.0	105.7	183.0	394.4	63.7	53.7
49	83.8	26.3	56.6	98.0	169.8	365.9	68.0	48.9
53	88.7	24.1	51.9	89.9	155.8	335.7	71.9	44.0
57	93.1	21.8	47.0	81.4	141.0	303.8	75.5	39.1
61	97.1	19.4	41.8	72.5	125.5	270.4	78.8	34.3

LATITUD=48°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milim.*
1°	2.2	43.5	93.8	162.4	281.3	606.1	1.4	79.1
5	11.2	43.4	93.4	161.8	280.2	603.9	6.8	77.7
9	20.0	43.0	92.6	160.4	277.9	598.7	12.2	76.6
13	28.8	42.4	91.4	158.2	274.1	590.6	17.6	75.1
17	37.4	41.6	89.7	155.3	269.0	579.7	22.8	72.8
21	45.9	40.6	87.5	151.6	262.6	565.9	28.0	70.2
25	54.1	39.4	85.0	147.2	255.0	549.4	33.0	67.2
29	62.1	38.1	82.0	142.1	246.1	530.2	37.9	63.9
33	69.7	36.5	78.6	136.2	235.9	508.4	42.6	60.3
37	77.0	34.8	74.9	129.7	224.7	484.1	47.0	56.5
41	84.0	32.9	70.8	122.6	212.3	457.5	51.3	52.5
45	90.5	30.8	66.3	114.9	198.9	428.2	55.2	48.4
49	96.6	28.6	61.5	106.6	184.6	397.7	59.0	44.2
53	102.2	26.2	56.4	97.8	169.3	364.8	62.4	39.9
57	107.3	23.7	51.1	88.5	153.2	330.2	65.5	35.6
61	111.9	21.1	45.5	78.7	136.4	293.9	68.3	31.3

LATITUD=49°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milim.*
1°	2.4	45.6	98.2	170.1	294.6	634.8	1.3	72.6
5	12.0	45.4	97.9	169.5	293.5	632.5	6.3	72.2
9	21.5	45.0	97.0	168.0	291.0	627.1	11.4	71.3
13	31.0	44.4	95.7	165.8	287.1	618.7	16.3	69.9
17	40.2	43.6	93.9	162.7	281.8	607.2	21.2	68.0
21	49.3	42.6	91.7	158.8	275.1	592.8	26.0	65.6
25	58.2	41.3	89.0	154.2	267.1	575.4	30.7	62.9
29	66.7	39.9	85.9	148.8	257.7	555.3	35.2	59.9
33	75.0	38.2	82.4	142.7	247.1	532.5	39.6	56.7
37	82.8	36.4	78.4	135.9	235.3	507.1	43.7	53.2
41	91.3	34.4	74.1	128.4	222.4	479.2	47.7	49.5
45	97.3	32.2	69.5	120.3	208.4	449.0	51.4	45.7
49	103.9	29.9	64.4	111.6	193.3	416.5	54.8	41.8
53	109.9	27.4	59.1	102.4	177.3	382.1	58.0	37.8
57	115.4	24.8	53.5	92.7	160.5	345.8	60.9	33.8
61	120.4	22.1	47.6	82.5	142.9	307.8	63.5	29.7

LATITUD=50°

Declinacion oriental occidental.	HORAS.						Substilar.	Gnomon.
	6	7	8	9	10	11		
	6	5	4	3	2	1		
	milim.	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.*	milim.	milim.*
1°	2.6	47.9	103.2	178.8	309.7	667.3	1.2	67.4
5	12.9	47.7	102.9	178.1	308.5	664.9	5.9	67.1
9	23.2	47.3	102.0	176.6	305.9	659.2	10.6	66.2
13	33.4	46.7	100.6	174.2	301.8	650.3	15.2	65.0
17	43.4	45.8	98.7	171.0	296.2	638.2	19.7	63.3
21	53.1	44.7	96.4	166.9	289.2	623.1	24.2	61.2
25	62.7	43.4	93.6	162.1	280.7	604.9	28.5	58.8
29	71.9	41.9	90.3	156.4	270.9	583.7	32.7	55.9
33	80.8	40.2	86.6	150.0	259.8	559.7	36.7	53.1
37	89.2	38.3	82.5	142.8	247.4	533.0	40.6	49.9
41	97.3	36.2	77.9	135.0	233.8	503.7	44.3	46.6
45	104.9	33.9	73.0	126.5	219.0	471.9	47.7	43.1
49	111.9	31.4	67.7	117.3	203.2	437.9	50.9	39.4
53	118.4	28.8	62.1	107.6	186.4	401.7	53.9	35.7
57	124.3	26.1	56.2	97.4	168.7	363.5	56.6	32.0
61	126.7	23.2	50.1	86.7	150.2	323.6	59.0	28.2

Cuadrantes ó relojes solares sobre
planos inclinados.

104. Con lo escrito hasta aquí debia terminar nuestra tarea. Nuestro objeto fué en un principio, resolver de la manera mas sencilla en la práctica los problemas tan solo de la Gnomónica de verdadera y cuasi exclusiva utilidad: y sin embargo al considerar, que esta obrita podría dejar algo que desear, especialmente en la parte que bien puede llamarse de gusto y de recreo; determinamos seguir mas adelante, deteniéndonos especialmente en los problemas que puedan ofrecer algo de curioso ó de instructivo. Para entrar desde luego en materia, pasaremos á dar una idea de la inclinacion de los planos.

Imaginemos que uno, dos, ó mas planos vienen á cortar á un vertical sin declinacion, de tal manera que todos tengan por interseccion una sola y misma recta, á la manera que lo verifican en el lomo de un libro las hojas que le componen; y que esa recta comun interseccion, sea horizontal, y lleve la direccion del Este-Oeste. Todos estos planos á escepcion de dos, el horizontal y el vertical, son *planos inclinados*, los unos hácia el Sur, hácia el Norte otros.

Esto supuesto, veamos como mediremos su inclinacion, cerciorándonos al mismo tiempo de que su posicion es tal, cual la acabamos de definir.

PROBLEMA XI.

**Trazar la meridiana en un plano inclinado
hacia el Norte ó hacia el Sur, y hallar el valor de
su inclinacion.**

105. En un punto cualquiera del plano, fjese perpendicularmente á él un stilo ó varilla metálica, habiendo trazado antes haciendo centro en dicho punto una, dos ó mas circunferencias, y hágase lo prescrito en el n.º 11.

106. Si se tuviera trazada de antemano la meridiana sobre un plano horizontal, obsérvese en ella el momento en que el Sol se halla en el meridiano, y márquese el punto del plano inclinado en que cae la sombra del stilo: la recta trazada por este punto y por el pie del stilo será la meridiana.

107. Obtenida ésta por uno de los dos procedimientos anteriores, hájese al plano desde la estremidad del stilo por medio de una plomada de aguda punta una vertical, y márquese este punto del plano. Si este punto pie de la vertical cae sobre la meridiana, el plano se hallará en las condiciones de posicion que requiere el cuadrante que luego hemos de trazar sobre él.

Representemos por AB un plano horizontal, y por CB el inclinado fig. 31: sea ab el stilo y c el punto del plano donde cae la vertical bc : el ángulo abc es de igual valor que el ABC que es el que buscamos. * Para medir, pues el ángulo abc ,

* El lado bc es perpendicular al AB y el ab lo es al CB. La Geometría demuestra, que en este caso los dos ángulos son iguales, valiéndose para ello de un teorema cuyo enunciado es: Dos ángulos que tienen sus lados respectivamente perpendiculares, son iguales.

que es el valor de la inclinacion, trácese por a pie del stilo una perpendicular á la meridiana: tómese sobre ella partiendo de dicho pie, una longitud igual á la altura del stilo sobre el plano: sea x el punto obtenido; únase por medio de una recta este punto con el determinado por el pie de la vertical sobre la meridiana, y el ángulo axc que resulta, es el de la inclinacion del plano.

Esta inclinacion puede tambien medirse, una vez obtenida la meridiana en el plano, colocando sobre ella un nivel de albañil provisto de una semicircunferencia dividida y trazada desde el vértice ó punto donde está suspendida la pesita que le acompaña.

PROBLEMA XII.

Trazar las líneas horarias sobre un plano inclinado, cuya cara superior mira al Sur.

108. Conocida la inclinacion de un plano y obtenida sobre él la meridiana, trácese un cuadrante segun las reglas que, para cada uno de los tres casos que pueden ocurrir, exponemos á continuacion.

1.º

Sea la inclinacion del plano menor que la latitud.

RESOL. Réstese de la latitud del punto la inclinacion del plano, y constrúyase un cuadrante horizontal tomando el residuo ó diferencia como si fuera la latitud.

2.º

Sea mayor que la latitud la inclinacion del plano.

RESOL. Trácese un cuadrante horizontal para la latitud que resulta de restar de la inclinacion del plano la latitud del punto.

3.º

Sea la inclinacion del plano igual á la latitud.

Esta es, de las tres posiciones de diferente inclinacion en que había que considerar al plano, la que merece mas espe-

cialmente mencion. Dirigiéndose el plano á los polos, el gnomon, que como ya sabemos representa en todo cuadrante la recta ideal que los une, será paralelo al plano, siéndolo asimismo las líneas horarias entre sí. Siendo el plano en virtud de esta posicion especial paralelo al círculo horario de las seis, no podrá el cuadrante indicar dicha hora por hallarse en ese momento el Sol en los mismo puntos de la esfera celeste en que iria á cortarla el plano suponiendole prolongado hasta ella en todas las direcciones.

Para trazarlo pues, tírese á la meridiana hácia su punto medio una perpendicular: colóquense sobre ésta á un lado y á otro de la meridiana las cantidades contenidas en la tabla inserta al pie del n.º 81, teniendo presente que los números allí asignados para las 7-5, 8-4, 9-3, 10-2 y 11-1 son aqui para 11-1, 10-2, 9-3, 8-4 y 7-5: trácense paralelas á la meridiana por los puntos obtenidos, y estas serán las horarias.

El gnomon que, de no haber alterado las cantidades dadas por la tabla para las líneas horarias, habrá de hallarse á la altura de un decímetro sobre la meridiana, debe colocarse paralelamente á ella.

N. B. En cada uno de los casos anteriores, así como en los del problema siguiente, puede delinearse en la cara inferior del plano un reloj que sirva de complemento al trazado en la superior. Basta para esto, suponer prolongadas las horarias y el gnomon del cuadrante superior. En el último de los tres casos arriba examinados, el cuadrante que resulta de esta operacion, es un todo igual al superior, sin mas diferencia, que la que resulta de ser en la cara inferior la meridiana la línea horaria de las doce de la noche.

PROBLEMA XIII.

**Trazar las líneas horarias sobre un plano inclinado
cuya cara superior mira al Norte.**

109. Examinaremos este problema, como el anterior, en tres posiciones diversas del plano.

1.º

Sea la inclinación del plano menor que el complemento de la latitud.

RESOL. Súmense la latitud y la inclinación: y tomando esta suma como si fuera la latitud del punto constrúyase para ella un cuadrante horizontal.

2.º

Sea la inclinación del plano mayor que el complemento de la latitud.

RESOL. Réstese de la inclinación del plano el complemento de la latitud, y constrúyase, tomando el complemento de la diferencia como latitud del punto, un cuadrante horizontal.

3.º

Sean la inclinación y el complemento de la latitud iguales.

El eje del mundo es en este caso perpendicular al plano. La circunferencia que este plano, de suponerle indefinida-

mente prolongado, determina sobre la bóveda estrellada, es la misma que la del ecuador celeste.

Ahora bien; la observación nos enseña, que el Sol, en la apariencia al menos, gira al rededor del eje de los polos con un movimiento uniforme, deduciéndose de aquí una consecuencia de la mayor importancia, á saber: que si la gran circunferencia contenida en el ecuador la dividimos en 24 partes iguales, por ejemplo, y por cada una de estas divisiones tiramos al eje un plano; el Sol los recorrerá todos sucesivamente empleando tiempos iguales para trasladarse de uno á otro.

Tras de lo que precede, nada mas fácil y sencillo, que las operaciones para trazar el cuadrante en el plano propuesto.

Hágase centro en un punto cualquiera de la meridiana del plano, y con una abertura arbitraria de compas trácese una circunferencia. Divídase cada una de las semicircunferencias en 12 partes iguales, ó en mas si se desean subdivisiones de hora, y las rectas indefinidas trazadas por el centro de la circunferencia y por los puntos en ella obtenidos serán las horarias.

El gnomon deberá colocarse en dicho centro perpendicularmente al plano.

110. La posición particular del plano en que acabamos de trazar el cuadrante *ecuatorial*, explica las múltiples y variadas formas de que le habrán visto revestido muchos de mis lectores. Como ejemplos de esta modificación en la forma del plano, dibujamos por ahora, pues que tambien algun otro de los problemas que resolveremos despues tiene su fundamento en las consideraciones arriba expuestas, una cruz y una estrella fig.º 32 y 33. Las operaciones indicadas en ellas hacen muy pronto concebir el procedimiento por medio del que pueden obtenerse las horarias sobre el grueso de ellas, advirtiéndose que este debe ser suficientemente grande para que las sombras proyectadas por las aristas for-

madas en todos los extremos caigan en parte al menos sobre él durante el año.

La posición de la cruz respecto de un plano horizontal debe ser tal, que la arista AB se halle en una dirección perpendicular á la meridiana: y en cuanto á la estrella, esta debe colocarse de manera que su eje forme con la meridiana horizontal un ángulo igual á la latitud del punto, hallándose además sobre ella la recta AB.

PLANOS

inclinados hácia el Este ó hácia el Oeste.

PROBLEMA XIV.

111. Si en lugar de suponer, como en los problemas anteriores, que el plano gira sobre la recta horizontal que va de Este á Oeste, nos lo imaginamos volteando al rededor de una meridiana trazada en él al hallarse horizontal, todas las posiciones que tome á escepcion de la vertical y de la horizontal, serán inclinadas hácia el Este ó hácia el Oeste, segun que la cara superior del plano mire á aquél ó á este otro punto cardinal.

La inclinacion y la meridiana en estos planos se obtienen de la manera siguiente.

Colóquese un stilo perpendicular al plano, y bájese la vertical que pasa por su extremidad. Trácese por el pie de esta vertical una horizontal en el plano por medio de un nivel y ésta será la meridiana.

Llámesese A al pie del stilo y B al de la vertical: trácese por A una paralela á la meridiana de una longitud igual á la altura del stilo; sea C el punto obtenido en ella: únense por medio de una recta los puntos B y C, y méidase el ángulo resultante ACB que es el de la inclinacion del plano.

Obtenidas ambas cosas, trácese sobre el plano un cuadrante vertical declinante, tomando por declinacion la inclinacion y por latitud del punto el complemento de ésta.

PROBLEMA XV.

Trazar un cuadrante sobre la superficie de un cilindro cuyo eje es paralelo al de la tierra.

112. *Superficie cilíndrica*, tal cual aquí la consideramos, es la engendrada por una recta limitada, que moviéndose paralelamente á sí misma, recorre una circunferencia cuyo plano es perpendicular á ella.

Esta recta se llama *generatriz*: los dos planos circulares engendrados por sus extremos, *bases del cilindro*: y *eje* la recta que une los centros de las bases.

Síguese de aquí, que sobre la superficie cilíndrica pueden tirarse infinitas generatrices, y que estas son las solas líneas rectas que pueden trazarse sobre ella, siendo condición indispensable para ello, que sean paralelas al eje.

Esto supuesto: trácese sobre la superficie del cilindro una generatriz, que podrá obtenerse colocando el cilindro vertical, y aproximando á él una plomada: dividanse las circunferencias de las bases, partiendo desde el punto en que las toca dicha generatriz, en 24 partes iguales, y tirando rectas sobre la superficie cilíndrica desde los puntos de una de las bases á sus correspondientes de la otra, estas serán las horarias.

Es fácil comprender, como el cilindro, colocado de manera, que su eje sea paralelo al de la esfera celeste, hallándose además sobre la meridiana dos de sus generatrices opuestas, señalará las horas. Iluminado siempre en su mi-

tad por el Sol, los bordes de esta iluminación serán dos generatrices opuestas: así, pues; si suponemos al sol en el meridiano, dichos bordes coincidirán con las generatrices cuyo plano es perpendicular al de las situadas sobre la meridiana; representando por consiguiente dichas generatrices la hora de las 12 del día y de la noche: y como se verifica una cosa análoga respecto de todas las demás generatrices, se sigue que las horarias son horas del día y de la noche juntamente.

113. Las cosas, sin embargo, no pasarán así, si tratando de evitar el inconveniente que para saber la hora exacta presenta la penumbra, colocamos paralelamente á la superficie del cilindro, y de manera que pueda girar sobre su eje, una faja metálica, que lleve gravada en su centro una recta paralela á sus bordes, y sobre la cual se haya colocado un stilete perpendicularmente á la faja.

Si haciéndola girar sobre el eje, colocamos esta faja de manera, que la sombra del stilete caiga sobre la recta en ella trazada, el Sol, el centro de la faja y el eje del cilindro se hallarán en un mismo plano, representando por consiguiente la generatriz que corresponda á dicho centro el círculo horario en que se halla el Sol.

114. Hemos supuesto hasta de aquí, que el cuadrante se habia trazado sobre la superficie exterior ó convexa del cilindro. Si éste empero es hueco, podemos trazar otro en la interior; siendo en este caso el movimiento del Sol sobre el cuadrante doblemente mas sensible en igualdad de tiempo, que en el anterior: por lo que, el arco de circunferencia que en el primer caso equivalía á una hora, en éste representará no mas de media.

Para que este reloj indique las horas, hágase hácia el centro de la generatriz superior una estrecha incision de longitud arbitraria, ó un pequeño agujero por lo menos: y si queremos horas superiores á la de las 6 de la mañana,

é inferiores á la de las 6 de la tarde, será indispensable hacer otras dos: el uno en la generatriz que en el cuadrante anterior correspondía á las 6 de la mañana, y el otro en la de igual hora de la tarde: en cuyo caso, este último indicará las 6 de la mañana en la generatriz en que mas tarde, á las 9, caerá el espectro solar producido por el agujero hecho en la generatriz superior, y aquél las 6 de la tarde en la correspondiente á las 3. Habrá, pues, la siguiente doble numeracion para las generatrices trazadas en la mitad superior cóncava del cilindro, prescindiendo de la superior:

Horas de la mañana.

7=4 8=5 9=6

Las horas, así de este grupo como del siguiente, colocadas en primer término, serán indicadas por la abertura superior, y las que en segundo por el inferior.

Horas de la tarde.

3=6 4=7 5=8

PROBLEMA XVI.

Trazar las líneas horarias sobre una superficie esférica.

115. Suponiendo que la esfera se halle fija, búsquese en ella el punto que corresponde al cenit. Tómese su diámetro, y trácese con su mitad sobre un papel una circunferencia, que se dividirá en cuatro partes iguales, y una de estas en noventa.

Cada uno de los círculos horarios celestes determina sobre la esfera una circunferencia llamada máxima. Siendonos necesaria en nuestra esfera la interseccion de uno de estos círculos horarios como punto de partida para trazar las de todos los demas, busquemos la del meridiano: para lo cual bastará colocar verticalmente sobre el cenit un stilette, y marcar sobre la esfera un punto de su sombra en el momento del paso del Sol por el meridiano; ó colocar junto al globo una plomada de manera que la sombra proyectada sobre él en dicho instante pase por su cenit.

Hecho esto, tomando en la circunferencia descrita en el papel la cuerda de 90°, describese sobre el globo una circunferencia que pase por el punto de la sombra y por el cenit. Tómese sobre ella desde el cenit y hácia la parte del Norte un arco igual al complemento de la latitud: y desde el mismo punto hácia el Sur un arco igual á la latitud. Este último

punto será el de la intersección del meridiano con el ecuador, y el que primero hemos obtenido el polo; desde el cual podremos trazar el ecuador describiendo una circunferencia que pase por el punto obtenido al Sur del cenit.

Esta circunferencia dividida en 24 partes iguales partiendo desde el punto situado en el meridiano, nos dará las horas observando los puntos en que la cortan los extremos del círculo de iluminación; ó por medio de una faja metálica colocada de una manera semejante á la descrita en el problema anterior.

PROBLEMA XVII.

Trazar sobre un cuadrante la meridiana de tiempo medio.

116. Aunque con demasiada brevedad, dijimos ya en los núm.^{os} 32 y 33 qué es lo que debe entenderse por ecuación de tiempo. Indicamos allí, que el día solar verdadero sobre ser mas largo que el sidéreo, lo cual en realidad ningún inconveniente constituye, es además de duración variable en las distintas épocas del año, siendo las dos primeras causas de esta desigualdad, la excentricidad de la órbita de la Tierra y su oblicuidad respecto del ecuador.

Nada mas debemos añadir al presente: no podemos tampoco aquí detenernos á examinar cómo esas causas producen dicha desigualdad, por ser ageno á nuestro propósito divagar á exponer las leyes del movimiento de la Tierra mas necesarias para su fácil y completa inteligencia.

Entremos, pues, desde luego en lo que la ecuación de tiempo tiene de relación con el problema que tratamos de resolver. Ojeando por breve rato la tabla de ecuación inserta al final del problema II, advertiremos:

1.^o Que dicha ecuación es nula, ó que la meridiana de tiempo medio coincide con la del verdadero en cuatro épocas distintas del año.

2.^o Que la meridiana de tiempo medio caerá á la izquierda de la del verdadero apartándose progresivamente de ella

desde el 25 de Diciembre hasta el 11 de Febrero, y desde el 15 de Junio hasta el 26 de Julio: y aproximandose á ella desde el 11 de Febrero hasta el 15 de Abril, y desde el 26 de Julio hasta el 31 Agosto.

3.º Que sucederá una cosa análoga no ya á la izquierda sino á la derecha de la meridiana verdadera en los restantes meses del año.

Deduzcamos, como consecuencias de este pequeño análisis, que habiendo la sombra del gnomon de indicar un valor particular del tiempo en dias y épocas tan distintos durante todo el año, esto no podrá verificarse por medio de toda la *longitud* de su sombra, sino por un solo punto de ella: y 2.º que, si añadimos á lo dicho, que dos de las cuatro épocas en que la ecuacion es nula, caen en un mismo punto de la meridiana, esta debe tener una forma análoga á la de un 8 prolongado.

117. Si enunciamos el problema que envuelve la primera de estas dos consecuencias, veremos que, para resolver el problema propuesto tenemos que *trazar sobre el cuadrante las líneas descritas por la extremidad de la sombra del gnomon en diferentes dias del año.*

Eligiendo para esto el cuadrante horizontal, trazaremos sobre él las curvas mas indispensables para obtener la meridiana media, correspondientes á los dias 25 de Diciembre, 11 de Febrero ó 2 de Noviembre, 14 de Mayo ó 26 de Julio, 15 de Junio, y 31 de Agosto ó 15 de Abril.

Sea (fig. 34) el cuadrante horizontal para Zaragoza: trácese una perpendicular al gnomon por su extremidad B, y el punto donde suponemos que esta perpendicular prolongada por la parte superior va á cortar á la esfera celeste, pertenecerá al ecuador y al meridiano al mismo tiempo: el punto, pues, donde encuentra á la meridiana del cuadrante, será el en que caerá la sombra del extremo B á las 12 de los dias en que el Sol se halla en el ecuador, que son el 20

de Marzo y 23 de Setiembre: y si por dicho punto trazamos una perpendicular á la meridiana, por ella marchará aproximadamente la sombra durante la permanencia del Sol sobre el horizonte en dichos dias, siendo éstos los únicos en los que la linea descrita es una recta.

Obtenida la proyeccion del ecuador sobre el plano del cuadrante, pasemos á trazar las curvas correspondientes á los dias arriba dichos.

El Sol cortará al meridiano por debajo del ecuador en los meses de Diciembre, Noviembre y Febrero; y por encima en Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto. El arco, dijimos ya, perpendicular al ecuador y comprendido entre este plano y el centro del Sol, se denomina su declinacion.

Conocido, pues, el valor de ésta, que en los dias propuestos es para

Diciembre 25	= 23º 24' S.
Febrero 11 y Noviembre 2	= 14º 1' S.
Mayo 14 y Julio 26	= 18º 40' N.
Agosto 31 y Abril 15	= 8º 36' N.
Junio 15	= 23º 19' N.

representemos por la recta P'C el ecuador: trácese, haciendo centro en un punto cualquiera de ella con un radio arbitrario, un arco, y colocando sobre él á la derecha del punto C los valores de la declinacion correspondientes á los meses de Febrero y Diciembre, y á la izquierda los de los meses en que el Sol se halla en el hemisferio N. y por consiguiente sobre el ecuador, obtendremos los puntos F, D y M, A, J, por los que tiraremos desde el punto P' rectas indefinidas, levantando despues por el punto P' la perpendicular SP' de una *longitud* igual á la gnomon PB.

Hecho esto, tómesese en el cuadrante la oR igual á la oB: colóquese sobre la P'C las distancias Ro, Rr, Rs... que hay desde R á las intersecciones de cada una de las líneas hora-

rias de mañana ó tarde con el ecuador, y tirense rectas á los puntos obtenidos desde S; siendo paralela á P'C la correspondiente á la línea de las 6 horas.

Tómense todas las distancias que hay desde S á la recta P'J, y trasládense, partiendo siempre desde el polo del cuadrante, la primera ó mas corta sobre la línea de las 12, la inmediata sobre las líneas de las 11 de la mañana y 1 de la tarde y así sucesivamente: únense despues por medio de una curva todos los puntos obtenidos, y esta será la línea descrita por la sombra producida por el punto B el dia 15 de Junio. Tómense de la misma manera las distancias que desde S hay á la recta P'A, y trasládense sobre su correspondiente línea horaria: la curva que una estos puntos pertenecerá al 31 de Agosto: y así de las demas.

118. Solo nos resta tomar sobre estas curvas y á un lado y á otro de la meridiana en el caso de que la curva pertenezca á dos épocas distintas del año, un ángulo horario igual al indicado por la ecuacion de tiempo, y unir por medio de una línea continua todos los puntos, anotando los nombres de los meses junto á la porcion de curva correspondiente á cada uno de ellas, á fin de evitar equivocaciones, supuesto que el Sol, atendida la forma de la curva, la atravesará dos veces en cada uno de los dias del año, á escepcion de aquellos en que la ecuacion sea nula.

119. En prensa ya nuestra obrita, hemos observado, que el procedimiento expuesto en el n.º 116 para la resolucion del problema allí mismo enunciado, no tenia en la práctica la sencillez y exactitud que nos habiamos propuesto como elemento predominante y característico de todos y cada uno de los problemas de que en el curso de nuestro pequeño trabajo nos hemos ocupado.

A este fin insertamos á continuacion las cantidades, que á partir de polo del cuadrante horizontal habrá que tomar sobre las horarias 12, 11-1 y 10-2, en el supuesto de que la

longitud PB=P'S del gnomon sea de un decímetro. En todos los demás casos y como regla general, espresese dicha *longitud* en decímetros, y calcúlense las partes proporcionales. A las seis curvas del movimiento solar diurno trazadas gráficamente en el n.º 116 hemos añadido (en las tablas dos mas: calculada la una para la declinacion 20° 8' Sur correspondiente á los dias 20 de Enero y 22 de Noviembre, y la otra para Marzo 1 Octubre 12 con la declinacion 7° 30' Sur.

Sobre la meridiana.

Sobre las horas 11-1.

L A T I T U D .

	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
Junio 15.	94.1	94.5	95.0	95.4	95.9	96.4	96.9	97.5	98.2
Mayo 14 = Julio 26.	99.2	99.7	100.4	101.0	101.7	102.4	103.2	104.0	104.8
Agosto 31 = Abril 15.	111.4	112.4	113.5	114.6	115.8	117.1	118.4	119.8	121.3
Marzo 20 = Setiembre 23.	123.6	125.2	126.9	128.7	130.5	132.5	134.6	136.7	139.0
Marzo 1 = Octubre 12.	136.3	138.6	141.0	143.6	146.3	149.1	152.1	155.3	158.7
Febrero 11 = Noviembre 2.	151.0	154.2	157.6	161.3	165.1	169.2	173.6	178.2	183.2
Enero 20 = Noviembre 22.	168.5	173.0	177.8	183.0	188.5	194.5	200.9	207.8	215.2
Diciembre 25.	180.3	185.8	191.7	198.1	205.0	212.4	220.5	229.2	238.8
Junio 15.	94.5	94.9	95.4	95.8	96.4	96.9	97.5	98.1	98.8
Mayo 14 = Julio 26.	99.7	100.4	101.0	101.7	102.4	103.2	104.0	104.8	105.7
Agosto 31 = Abril 15.	112.4	113.5	114.6	115.8	117.1	119.2	120.6	122.2	123.7
Marzo 1 = Octubre 12.	138.9	141.4	143.9	146.7	149.6	152.6	155.8	159.3	162.8
Febrero 11 = Noviembre 2.	154.1	157.5	161.1	165.0	169.2	173.5	178.2	183.2	188.4
Enero 20 = Noviembre 22.	172.8	177.7	182.8	188.4	194.4	200.8	207.6	215.0	223.1
Diciembre 25.	185.5	191.5	197.9	204.7	212.3	220.3	229.1	238.8	249.1

Sobre las horas 10-2.

L A T I T U D .

	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
Junio 15.	95.9	96.4	97.0	97.6	98.2	98.9	99.6	100.4	101.1
Mayo 14 = Julio 26.	101.7	102.4	103.2	104.0	104.9	105.8	106.8	107.7	108.8
Agosto 31 = Abril 15.	115.9	117.1	118.5	120.0	121.4	123.0	124.6	126.4	128.1
Marzo 1 = Octubre 12.	146.8	149.7	152.8	156.1	159.5	163.2	167.1	171.2	175.5
Febrero 11 = Noviembre 2.	165.2	169.3	173.9	178.6	183.6	189.0	194.8	200.9	207.4
Enero 20 = Noviembre 22.	188.6	194.6	201.2	208.4	215.9	224.1	233.1	242.6	253.2
Diciembre 25.	205.1	212.5	220.9	230.0	239.7	250.4	262.2	274.9	289.2

SUPLEMENTO AL NÚMERO 88.

Un buen número de mis lectores habrán estrañado el laconismo del n.º 88, al dar cuenta de las propiedades de la aguja imantada, sin consignar ni un número siquiera concreto que pudiera dar idea de las variaciones á que está constantemente sujeta su declinacion. Fué intencionada la omision. Creí oportuno dejar de consignar tales detalles, para que así se fijase la atencion en lo esencial; reservando para un apéndice la explicacion que le sirviera de complemento. Deseando además determinar el valor actual y local de la declinacion magnética, que, si bien temporalmente, será de inmediata utilidad á mis lectores; era conveniente ensayar las observaciones y fijar el valor de aquella en una época lo mas próxima posible al dia en que se publicase la obrita. Hechas estas indicaciones, entremos en materia.

Si se suspende por su centro de gravedad una aguja imantada, de manera que pueda girar en un plano horizontal, toma una direccion no muy lejana de la del meridiano astronómico despues de efectuar un número variable de oscilaciones á un lado y á otro del punto en que queda al parecer inmovil. Llámase *plano magnético* al que pasa por las extremidades de la aguja, suponiendo que su eje de figura coincida con el magnético: y *ángulo de declinacion* al formado por dicho plano con el astronómico de la localidad.

Si la aguja imantada en lugar de ser móvil en un plano horizontal, se suspende de manera, que pueda girar sobre su eje en el plano vertical magnético, toma una posicion intermedia entre la horizontal y la vertical; llamándose *ángulo de inclinacion* al que forma su eje con el horizonte.

¿Y cuál es la causa, qué fuerza misteriosa la que obliga á la aguja á tomar esas posiciones determinadas?

Si aproximamos un iman á otro por sus extremos, observaremos que hay atraccion en unos casos y repulsion en otros. La tierra puede considerarse como un poderoso iman; ella es la que ejerce sobre la aguja esa accion directriz, sin que nos sea dable, por no ser difusos, indicar la causa del magnetismo terrestre, ni explicar, cómo las acciones mútuas observadas entre dos imanes se traducen entre un iman y la tierra en accion directriz.

Veamos ahora la relacion existente entre los tres elementos del magnetismo terrestre, declinacion, inclinacion é intensidad magnética con la *latitud* de las localidades, sus variaciones y los cambios por consiguiente que en ellos se verifican.

Valor y variaciones de la declinacion.

En Europa la declinacion era oriental antes de 1663 en cuyo año fué nula. Pasó entonces el extremo Norte de la aguja á Oeste: llegó á su máximum en 1814, y retrocede desde esa época dirigiéndose al Este. Estas son las variaciones llamadas *seculares* porque la aguja no completa su escursion desde Este á Oeste sino en el trascurso de algunos siglos.

Ni el valor ni el sentido de la declinacion son los mismos en los diferentes puntos del globo. Mientras que la declinacion es hoy occidental en Europa y Africa, es oriental en América y Asia. En 1663 su valor era nulo en Paris: esta coincidencia de los meridianos astronómico y magnético no tuvo lugar en Madrid hasta un año despues. En Zaragoza su valor á mediados de Febrero de 1875 era de 17° 13' Oeste.

Un elegante teodolito de cuyos dos círculos el acimutál dá 20" y una brújula armada de anteojo destinada á operaciones topográficas son los dos instrumentos que me sirvieron para su determinacion.

Describiré brevemente las operaciones efectuadas para ello con ambos instrumentos.

1.ª Rectificado por inversion el eje óptico del anteojo del teodolito, determiné la direccion del meridiano astronómico por el método de alturas correspondientes, valiéndome para ello de la estrella Rigel ó β Orionis; y coloqué en dicha direccion y á larga distancia una mira.

2.ª Sustituí al teodolito la brújula en el punto mismo donde habia estado aquél, teniendo presente la excentricidad de su anteojo. Dirigido éste en el sentido del meridiano astronómico, la aguja ocupaba en el círculo graduado que recorren sus extremos, una posicion intermedia entre los 17° y $17^\circ 30'$. Para valuar esa fraccion de arco, giré la caja de la brújula hasta que los extremos de la aguja coincidiesen con la division correspondiente á los 17° , y marqué el punto de la mira cubierto por la interseccion de los hilos de la retícula: repetí esta operacion llevando la aguja hasta los $17^\circ 30'$, y medí despues con el teodolito los ángulos que los dos puntos marcados formaban con el meridiano. Efectuadas así las operaciones la suma de los dos ángulos que debia ser de $30'$ daba una idea de la exactitud del resultado. Hé aquí el correspondiente al dia 15 de Febrero y una de la tarde, hora al rededor de la cual han sido hechas todas las observaciones.

Angulo de la extremidad N. de la aguja con 17°	= $11' 10''$
Idem " " " con $17^\circ 30'$	= $18^\circ 20''$
Suma.	29' 30''

La aguja es algun tanto excéntrica y me ví por consiguiente en la precision de hacer las operaciones referidas con sus dos extremidades. El promedio de todos los resultados, suponiendo que la linea de los polos de la aguja sea al mismo tiempo su eje de figura fué de $17^\circ 13'$.

Tras esta digresion necesaria al objeto del presente suplemento, reanudemos la exposicion de las variaciones de la declinacion.

En nuestros climas la punta N. de la aguja marcha todos los dias hácia el Oeste desde poco despues de la salida del Sol hasta la una ó dos de la tarde, y retrocede pasada esa hora para volver á tomar hácia las diez de la noche la misma posicion que ocupaba por la mañana. La amplitud de esta escursion diaria no es constante: dias hay en que llega á $25'$ y otros en que no pasa de $5'$. Por término medio es en París de $13'$ á $18'$ en invierno y de $6'$ á $8'$ en verano.

Las variaciones anuales indicadas por la primera vez por Casini, se hallan al parecer relacionadas con la posicion de la Tierra en su órbita. Durante los tres meses que median entre el equinoccio de primavera y el solsticio de verano, la aguja marcha hácia el Este; en los nueve restantes hácia Oeste, verificándose por consiguiente un máximum hácia fines de Marzo y un mínimum hácia el de Junio.

Ninguno de los movimientos mencionados se verifica sin embargo con regularidad perfecta. Se advierten en ellos cuando se examinan por un método que, como el de Gauss, los haga sensibles, anomalías, que se hacen muy perceptibles bajo la influencia de las auroras polares, de las erupciones volcánicas y de las tempestades.

Respecto de las variaciones de la intensidad magnética de nuestro globo, diremos solo que disminuye desde los polos al ecuador; y que se presentan en ella fenómenos cuya explicacion no se ha dado todavía, fiándose su solucion, así como la de otras muchas cuestiones que envuelve el complicado problema del magnetismo terrestre á numerosas y variadas observaciones que solo pueden acopiarse con el tiempo.

Creemos oportuno en obsequio de aquellos de nuestros lectores que, impuestos en el manejo de las tablas logarítmicas, deseen comprobar las cantidades que para cada caso particular hubiesen deducido de las tablas insertas en esta obrita, dar á conocer por medio de la Trigonometría las fórmulas de que nos hemos servido para obtenerlas.

Cuadrantes horizontales.

Sea HCR fig. 38 la sección de un plano meridiano con la esfera celeste: el HOR perpendicular á él será el horizonte y representará el plano del cuadrante. Sean P el polo y PL un plano horario cualquiera. El triángulo HPL rectángulo en H nos dará: $\tan j. HL = \text{sen. HP} \times \tan j. HPL$. Pero HP es igual á la *latitud*, y el ángulo HPL, que representaremos por A, es el ángulo horario correspondiente á la línea horaria que se busca, el cual es de 15° por hora á contar desde el meridiano, ó la de las doce; luego

$$\tan j. HL = \text{sen. latit.} \times \tan j. A.$$

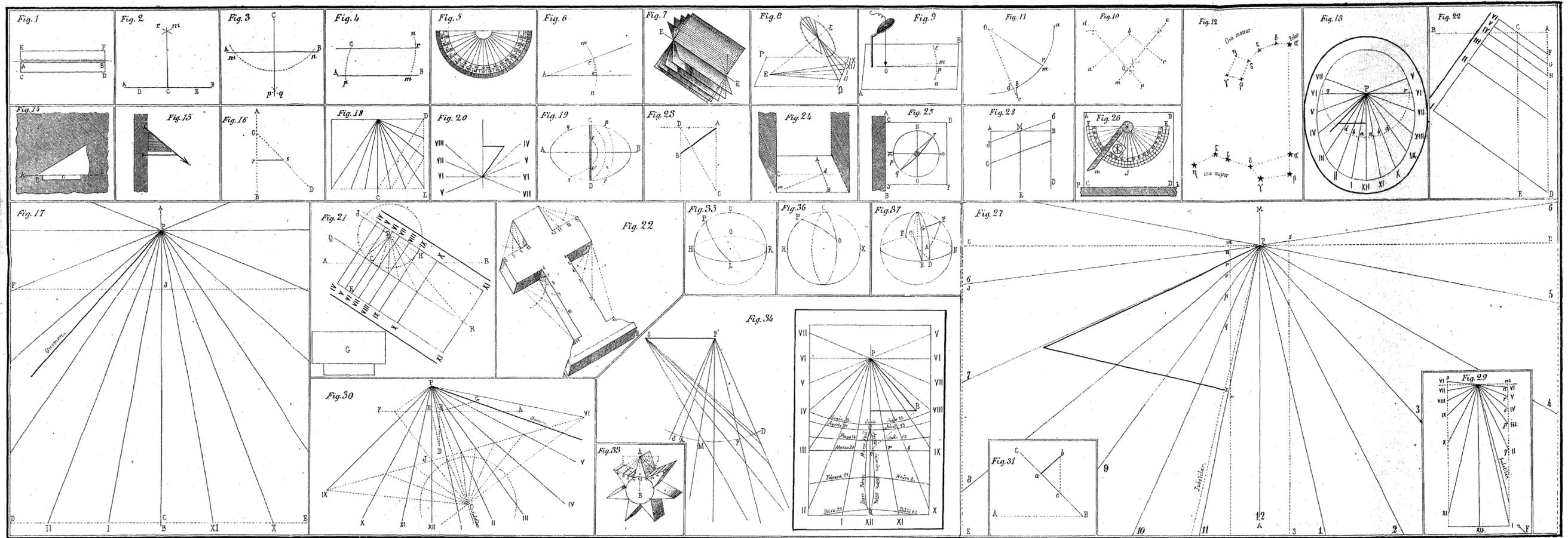
Cuadrantes verticales en planos paralelos al primer vertical.

Representétese por HCX el meridiano fig. 36: el plano del cuadrante será el COB. El triángulo PCO será ahora rectángulo en C. Además siendo HP la *latitud*, PC será su complemento. Por consiguiente

$$\tan j. CC = \text{sen. PO} \times \tan j. OPC = \text{cos. latit.} \times \tan j. A.$$

Cuadrantes verticales declinantes.

Sea EO fig. 37 la sección del primer vertical con el horizonte. Imaginemos que otro plano situado primero en la dirección OE gira sobre la CB, describiendo el cuadrante EN ó el OR, al marchar desde E punto situado en el Este



hacia el Norte N: fijémosle en un punto cualquiera de este cuadrante, por ejemplo en D. El ángulo EBD, ó el OBF descrito por el plano en su movimiento de rotacion sobre la C B, será lo que llamamos declinacion de la pared. Sea, pues, PA un círculo horario: el triángulo CPA nos proporciona los datos necesarios para obtener CA, que representa el arco cuya medida buscamos.

Efectivamente: en dicho triángulo tenemos. PC = complemento de la latitud = $90^\circ - l$. Si como hemos hecho ver, OCF es la declinacion del plano, FCR ó ACP será su complemento; luego ACP = $90^\circ - d$: sabemos además, que el ángulo CPA es igual á 15° para las líneas horarias de 11 y 1; de 30° para las 10 y 2 ect...; luego en el triángulo oblicuángulo ACP se conoce el lado CP y sus dos ángulos adyacentes.

La fórmula de Neper para el caso presente es:
cot. CPA sen. ACP = -cos. ACP cos. CP + sen. CP cot. AC.
Despejando cot. AC, resulta:

$$\text{cot. AC} = \frac{\text{cot. CPA sen. ACP} + \text{cos. ACP cos. CP}}{\text{sen. CP}}$$

Pero $\frac{\text{cos. CP}}{\text{sen. CP}} = \text{cot. CP}$: introduciendo esta simplificacion en el último término de la ecuacion, en lugar de ACP y CP sus complementos la declinacion y la *latitud*; y poniendo en lugar de las letras arbitrarias lo que representan; tendremos la ecuacion final del ángulo AC que las líneas horarias forman con la vertical:

$$\text{cot. AC} = \frac{\text{cos. } d \text{ cot. } A}{\text{cos. } l} + \text{sen. } D \text{ tanj. } l. \quad (1)$$

El triángulo rectángulo CPS nos dá PG y CG que representan respectivamente el ángulo que el gnomon forma con la substilar, y el que ésta forma con la vertical

$$\begin{aligned} \text{sen. PG} &= \text{sen. GCP} & \text{sen PG} &= \text{cos. } d \text{ cos. } l. \\ \text{tanj. CG} &= \text{tanj. CP cos. GCR} & &= \text{cot. } l \text{ sen. } d. \end{aligned}$$

Suponiendo en la ecuacion (1) $d=0$ y $d=90^\circ$. resultan las ecuaciones del cuadrante vertical sin declinacion y la del que, con el nombre de oriental ú occidental hemos descrito en planos paralelos al meridiano.

Cuadrantes en planos inclinados al Este y al Oeste.

Una construccion en un todo semejante á la de la fig. 37, y tomando la inclinacion del plano respecto del horizontal, nos dá las ecuaciones siguientes:

$$\cot. AC = \frac{\cot. A \cos. Inc.}{\text{sen. } l} + \cot. l \times \text{sen. Inc.}$$

$$\text{tanj de la substilar} = \text{tanj. } l \times \text{sen. Inc.}$$

$$\text{sen. ang.}^\circ \text{ del gnomon} = \cos. Inc. \times \text{sen. } l.$$

Hora del paso del sol por el primer vertical.

Sea HCR el meridiano, CB el primer vertical: PS será la distancia polar del sol en un dia dado. En el triángulo FCS rectángulo en C, conocemos PS complemento de SD declinacion del sol y PC complemento de la *latitud*; luego representando por D la declinacion del sol, tendremos cos. t

$$\frac{\cot. l}{\cot. D}$$

APÉNDICE.

Como término de nuestra obrita, y para facilitar la resolucion exacta de los problemas en ella contenidos, ponemos á continuacion una tabla de la latitud de las ciudades y principales poblaciones de España, habiéndonos servido para ello de un mapa del Sr. Coello. y de los trabajos que sobre algunas de nuestras capitales de provincia tienen hechos los incansables individuos de nuestro observatorio nacional de Madrid.

POBLACIONES.	LATITUD N	POBLACIONES	LATITUD N
Aguilár (Córdoba).	37° 30' 00"	Borja.	41° 47' 00"
Albacete (Iglesia S. Juan).	38 59 47	Bribiesca.	42 34 00
Alcántara.	39 42 00	Burgos (Catedral).	42 20 28
Alcañiz.	41 2 00	Cáceres.	39 29 00
Alcázar de S. Juan.	39 22 00	Cádiz.	36 18 00
Algeciras.	36 7 39	Calahorra.	42 18 00
Aleira.	39 8 00	Calatayud.	41 22 00
Alicante (Catedral).	38 20 41	Cartagena.	37 35 40
Alfaro.	42 9 00	Castellon de la Plana.	40 00 00
Almaden.	38 47 00	Caspe.	41 13 00
Almeria.	36 52 30	Coruña.	43 22 33
Antequera.	37 3 00	Ciudad Real (I. Santiago).	38 59 21
Aranda de Duero.	41 42 00	Ciudad-Rodrigo.	40 33 00
Aranjuez.	40 2 30	Cuenca (Catedral).	40 4 40
Astorga.	42 29 00	Córdoba.	37 52 15
Ateca.	41 21 00	Daimiel.	39 4 00
Avila (Catedral).	40 39 25	Daroca.	41 6 00
Avilés.	43 35 00	Durango.	43 11 00
Azpeitia.	43 13 00	Estella.	42 38 00
Badajoz.	38 54 00	Estepona.	36 27 00
Baeza.	33 00 00	Ferrol.	43 29 30
Balager.	41 50 00	Figueras.	42 16 5
Barbastro.	42 2 00	Formentera.	33 39 56
Barcelona (Montjuich)	41 21 44	Fraga.	41 33 00
Béjar.	40 22 00	Gerona (Catedral).	41 59 15
Benavarre.	42 7 00	Gijon.	43 35 18
Benavente.	42 2 00	Granada (Alhambra).	37 11 10
Bilbao.	43 15 00	Guadalajara (I. S. Nicolas).	40 37 54

POBLACIONES.	LATITUD N	POBLACIONES.	LATITUD N
Guadix.	37° 18' 00"	Pontevedra.	42° 26' 00"
Haro.	42 35 00	Reinosa.	43 3 00
Hijar.	41 9 00	Reus.	41 9 00
Huelva.	37 14 00	Sabadell.	41 34 00
Huesca.	42 7 00	Sahagun.	42 23 00
Huescar.	37 46 00	Salamanca (Universidad)	40 57 39
Ibiza.	38 54 21	Santander.	43 27 52
Igualada.	41 34 00	S. Lucar de Barrameda.	36 56 00
Jaca.	42 35 00	Santiago.	42 53 00
Jaen.	37 47 00	San Sebastian (pasages)	43 20 16
Leon.	42 36 00	Soria.	41 44 00
Lérida.	41 38 00	Segovia (Catedral)	40 57 4
Lógroño.	42 27 00	Sevilla (S. Telmo)	37 22 35
Lorca.	37 40 00	Sigüenza.	41 3 00
Lugo.	43 1 00	Seo de Urgel.	42 22 00
La Almunia.	41 30 00	S. Fernando.	36 27 45
Ledesma.	41 6 00	Tamarite de Litera.	41 54 00
Lisboa.	38 42 24	Tarazona.	41 53 00
Madrid (Observatorio)	40 25 30	Tarragona.	41 7 10
Mahon.	39 52 32	Teruel.	40 21 00
Málaga (Catedral)	36 42 56	Tolosa.	43 10 00
Manresa.	41 44 00	Toledo.	39 52 24
Mataró.	41 34 00	Toro.	41 33 00
Molina de Aragon.	40 53 00	Tortosa (Catedral)	40 48 46
Mondeñedo.	43 25 00	Tremp.	42 12 00
Morella.	40 36 00	Trujillo.	39 28 00
Motril.	36 44 00	Tudela.	42 3 00
Murcia.	37 59 00	Valencia (Catedral)	39 28 28
Nava del Rey.	41 22 00	Valladolid (Universidad)	41 39 4
Olot.	42 11 00	Valls.	41 15 00
Orihuela.	38 6 00	Vergara.	43 6 00
Orense.	42 20 00	Valdepeñas.	38 46 00
Oropesa.	40 5 33	Vich.	41 55 00
Oviedo.	43 23 00	Vilanova y Geltru.	41 15 00
Osuna.	37 8 00	Villalpando.	41 51 00
Palencia (Catedral)	42 00 41	Vigo.	42 14 46
Pamplona.	42 49 00	Vinaroz.	40 29 00
Peñañiel.	41 35 00	Vivero.	43 38 00
Peñíscola.	40 23 00	Vitoria.	42 51 00
Pina.	41 29 00	Yecla (Murcia).	38 35 00
Palma.	39 33 00	Zamora (S. Juan).	41 30 12
Ponferrada.	42 34 00	Zaragoza.	41 39 00

ÍNDICE.	Pág.ª
Prólogo.	3
Geometría.	5
Esfera celeste. Definicion de los más importantes círculos que en ella se consideran.	13
Definicion y principio fundamental de la Gnomónica.	18
Trazar una meridiana sobre un plano horizontal.	21
Trazar una meridiana por las estrellas circumpolares.	32
Trazar una meridiana por las máximas digresiones de la Polar.	35
Tiempo medio. Tiempo verdadero. Diferencia entre uno y otro. Procedimiento para dirigir los relojes segun el tiempo medio.	37
Trazar las líneas horarias sobre un plano horizontal.	44
Orientar un cuadrante horizontal sin haber trazado de antemano la meridiana.	54
Cuadrantes verticales sin declinacion.	56
Cuadrantes oriental y occidental.	63
Cuadrantes verticales declinantes.	67
Tablas para su delineacion.	85
Cuadrantes sobre planos inclinados.	107
Trazar las líneas horarias sobre planos inclinados.	110
Trazar un cuadrante sobre la superficie de un cilindro.	116
Trazar las horarias sobre una superficie esférica.	119
Trazar sobre un cuadrante la meridiana de tiempo medio	121
Tablas de latitudes.	126
Suplemento al número 88.	128
Fórmulas trigonométricas.	132
Apéndice.	135

ERRATAS.

Pág.	Lín.	Dice.	LÉASE.
15	11	este aquellos	éste á aquellos
»	30	costelaciones	constelaciones
»	31	disminuidas	diseminadas