

EL TIEMPO Y LOS RELOJES.

PLA-1/0006
1613620617

EL TIEMPO
Y
LOS RELOJES

ó
BREVES INSTRUCCIONES

PARA EL EXACTO CONOCIMIENTO DEL TIEMPO

Y BUEN USO DE LAS MÁQUINAS QUE LO MIDEN,

POR

JOSÉ y FRANCISCO PANÉ, hermanos,

RELOJEROS EN LÉRIDA.



LÉRIDA.

—
IMPRESA Y LIBRERÍA DE JOSÉ PLÁ PAGÉS.

1890.

PRÓLOGO.

No es nuestro objeto tratar extensamente del arte de la relojería, ni tampoco el narrar su historia con todos sus detalles ó de un modo completo. No nos proponemos, pues, entrar de lleno en la parte técnica del arte que nos ocupa, ni abarcar uno por uno todos los inventos con que ha sido enriquecido en el trascurso de los siglos. Esto no se adaptaría á la índole de esta obrita, destinada únicamente á facilitar reglas para regular y cuidar bien los relojes.

La relojería es una de las artes mecánicas más importantes, y contiene una asombrosa variedad en todos los ramos que comprende.

La utilidad que de este arte reporta la sociedad en general y muy especialmente los navegantes, ha hecho que haya sido mirado con gran interés en todas las épocas. La misma Astronomía debe mucho á la relojería. Los relojes péndulos de precision son los instrumentos más indispensables en los observatorios astronómicos, como lo son tambien los cronó-

metros ingleses en algunas observaciones que los náuticos suelen hacer en ancha mar.

Pueden añadirse á los relojes de precision los aparatos sumamente ajustados, inventados y fabricados por célebres relojeros, y destinados á los gabinetes de física de todos los colegios y universidades del mundo.

¿Quién no recuerda con respeto los nombres ilustres de los Berthoud y los Breguet? Ocupados continuamente en sus experimentos é importantes estudios, no conocieron durante su vida las horas de descanso. Si vemos al primero morir en tierra extranjera y remota á la avanzada edad de ochenta años, en donde le habia traído el afán de perfeccionar sus relojes marinos, tambien vemos al segundo recorrer el mundo con el mismo fin, y explicar, durante las horas de descanso, lecciones sobre relojería á sus discípulos obreros. Por esto nosotros, poseidos del más profundo reconocimiento, no hemos querido escribir las primeras líneas de nuestro breve tratado, sin recordar los nombres de esas grandes figuras: Mr. Fernando Berthoud, y Luis Clemente Francisco Breguet.

No son menos dignos de aplauso los adelantos que en nuestro arte ha introducido Mr. Roberto, Relojero de la Marina francesa. Tanto por lo referente á relojería como por lo que ha hecho para la Astronomia Náutica, figura hoy Mr. Roberto entre los mejores artistas. Bien necesita la relojería el impulso de hombres como los que acabamos de citar, dado el estado de decaimiento que en distintas épocas ha sufrido. A pesar de lo mucho que se ha inventado y perfeccionado, todavia parece que se la ve languidecer. Esto no obstante, siempre ha logrado la relojería ocupar un puesto distinguido en las grandes exposiciones, gracias á la abnegacion de los artistas obreros, como á la acertada direccion de los hom-

bres inteligentes que se hallan al frente de los grandes talleres. Hoy mismo atraviesa nuestro arte un período de grande abatimiento.

La relojería falsa, ó sea esa clase de relojes *de docena* con que se engaña facilmente al público, ha dado por el momento rudo golpe á la buena fabricacion ó á lo que se puede llamar RELOJERIA, y ha dejado cruzados de brazos á muchos de los mejores operarios de Suiza.

Omitimos explicar otras causas que en varias épocas han sumido en grandes crisis al arte de medir el tiempo: hoy por hoy, solo nos hemos propuesto prestar un servicio á nuestros parroquianos, á los cuales EXCLUSIVAMENTE va dedicado este opúsculo.

Con las reglas que vamos á exponer podrán orientarse muchos que, por haber adoptado como punto de comparacion á cualquier reloj de torre ó á cualquiera señal rutinaria indicada por el Sol, tocan y retocan el registro de sus relojes, sin llegar jamás á obtener la exactitud que pretenden. Nunca han sido tan útiles como hoy estas reglas, ya que tanto se ha generalizado en nuestro país el uso del reloj de bolsillo.

Explicado nuestro plan, nadie extrañará que omitamos mucho de los términos técnicos de nuestro arte, por ser en su mayor parte extranjeros, y por consiguiente de difícil entender para los que no han aprendido ni estudiado la relojería.

No nos proponemos escribir mas que de nuestro propio arte y de lo que tenga conexión con él: no trataremos, pues, de nada que no nos corresponda.

Tampoco aspiramos á que nuestra obrita tenga mérito alguno: todo nuestro empeño se reduce á que sea verdaderamente útil.

Y si un sentimiento de gratitud hácia nuestros queridos parroquianos nos impone este pequeño sacrificio, aliéntanos la esperanza de que han de juzgar con benevolencia nuestro opusculillo, despues de habernos honrado tantos años con sus simpatias y su confianza.



CAPÍTULO 1.º

LA RELOJERÍA.—Su origen.

El origen del arte de medir el tiempo es muy remoto. Todos los autores que se han ocupado de este arte convienen en que su origen debe remontarse á las primeras edades.

No puede cabernos la menor duda que la necesidad de dividir el tiempo se haria sentir, desde el momento en que el hombre se vió condenado á ganar el sustento por medio de su diario trabajo.

Principiarían los antiguos á medir el tiempo de un modo rutinario, como lo hacen aún algunos de nuestros labradores, por medio de la sombra que proyecta alguna de las esquinas de sus casas, ó tambien por la de algun pico ó morro de alguna montaña vecina. Pero es de presumir que esa rutina, subsistente todavía por necesidad en los labriegos que no usan reloj de bolsillo, cesaría entonces en los hombres instruidos luego de haber adquirido algunos conocimientos de Astronomía.

La invencion del reloj solar se atribuye á los antiguos egipcios: tambien hay quien lo atribuye á los caldeos.

Disputaban los egipcios á los caldeos la supremacia en algunas ciencias, y se gloriaban de tener en sus escuelas á distinguidos discípulos extranjeros como Homero, Licurgo, Platón, Pitágoras, Solon, etc. etc. Tal vez alguno de ellos traeria desde allí la Gnomónica á las demas partes del mundo, despues de sus observaciones hechas al rededor de Licó-

polis y Luxor (alto Egipto), cuyos puntos estaban rodeados de obeliscos que señalaban la hora solar con bastante exactitud.

Segun acreditados autores, el primer cuadrante solar fué construido en Asia en la ciudad de Jerusalem, por orden del rey Achaz, 740 años antes de la era cristiana. (1)

Anascimandro de Milet enseñó á los lacedemonios el modo de trazar los cuadrantes solares (547),

Los griegos y romanos también construyeron relojes solares: solian trazarlos en los jardines ó parques y en las soberbias fachadas de sus palacios y de sus templos. Allí iba el pobre esclavo á mirar hito á hito el rumbo de la sombra del gnomon, para echar luego á correr y decir al déspota pagano la hora que deseaba saber.

El cuadrante solar estaba léjos de llenar el objeto, por no poder señalar la hora durante las noches, y en días nublados.

Hasta aquí permanecía aún ignorado el arte de medir el tiempo mecánicamente, cuando Platón, dando el primer paso, inventó la Clepsidra ó reloj de agua, el cual daba la hora durante la noche por medio del ruido y caída de una cascada, segun unos, ó por medio del sonido de una flauta, segun otros (400 años antes de la era cristiana). La Clepsidra de Platon venia á ocupar un punto intermedio entre el reloj solar y el reloj mecánico.

Vino despues el reloj llamado *clepsammidium*, ó sea la sustitucion del agua por la arena. El reloj de arena se ha perpetuado hasta nosotros, y aún se halla de venta en algunos establecimientos de óptica de las grandes capitales. A su buena condicion de poder medir un tiempo determinado sin el más leve ruido se debe el haber subsistido tantos siglos, pues que ha prestado grande utilidad en las habitaciones de los enfermos sin causar la menor molestia al paciente y sirviendo al propio tiempo para cumplir escrupulosamente las prescripciones facultativas.

(1) Este es el monumento más antiguo que nos recuerda la historia en cuanto al verdadero reloj solar. Mas ya hemos dicho que se atribuye con grandes probabilidades á los antiguos egipcios, fundándose en la perfecta orientacion de sus famosas pirámides, y en los conocimientos que poseian sobre la Astronomia.

Asi estaria nuestro arte por más ó ménos tiempo, hasta que, segun Vitrubio, fueron aplicados á la Clepsidra las ruedas dentadas, por un mecánico de Alejandria (140 años antes de la era cristiana). (1)

Encuanto al verdadero reloj mecánico montado con ruedas dentadas y sobre todo CON ESCAPE (2), la generalidad de los autores lo atribuyen al Monge Gerberto, arzobispo de Reims y despues de Rávena, el cual ocupó la Silla de San Pedro en 999 bajo el nombre de Silvestre II. Otros lo atribuyen á Pacíficos, Canónigo Arcediano de Verona.

El primer reloj de grandes dimensiones ó de torre fué construido por el Abate de San Alban.—Inglaterra (1326).

Juan de Dondis, físico, inventó un reloj que señalaba la hora, el día, el mes, las fiestas del año, el curso del Sol, de la Luna, y de algunos planetas (1350).

El primer reloj público de Francia fué construido por Enrique de Vic, relojero alemán: fué colocado en la torre del palacio real en 1370. En esta misma época fué construido el famoso y colosal reloj de la catedral de Strasburgo, reputado en aquel tiempo como obra de grande ingenio ó como una maravilla. (3)

Los físicos de aquellas épocas ya imaginaban varios procedimientos para poder corregir en los relojes las variaciones producidas por la temperatura. No tardó en verse el reloj mecánico enriquecido por una mejora importantísima, la cual tenía que contribuir de un modo notable á la uniformidad de sus funciones.

El descubrimiento del péndulo por el jóven Galileo, por el sábio autor de *El ensayador*, proporcionó grandes ventajas á la relojería y á la física. El ilustre toscano comprendió desde luego la utilidad del péndulo para la exacta medida del tiem-

(1) No se ha hallado vestigio alguno que revele los caracteres de una edad tan remota. ¿Cómo se explica que un invento de tanta importancia estuviese tantos siglos como sepultado ú olvidado? Nos referimos á la invencion de las ruedas dentadas.

(2) Llámase *escape* en la relojería á la accion de la última rueda sobre el regulador. Entre todos los escapes conocidos, el de rueda catalina es el más antiguo.

(3) Segun las memorias históricas de Campmany, uno de los relojes públicos más antiguos es el que funciona todavía en la torre de la Catedral de Barcelona. Fué colocado para el servicio público en 1393.

po, al observar que todos los arcos que describía eran iguales en duración (1595).

Ticho Brache y Valtherus ya se sirvieron para sus observaciones de los relojes que señalaban los segundos: estos relojes estaban destinados á las observaciones astronómicas.

El reloj de bolsillo no es muy antiguo. Los primeros que se conocieron fueron construidos en el año 1500, por el hábil relojero Pedro Hele, de Nuremberg. Estos relojes eran de un tamaño desmesurado; por este motivo fueron llamados *huevos de Nuremberg*. (1)

En 1656, Cristián Huygens, aplicó el péndulo-teórico de la cicloide á los relojes; construyó relojes marinos, y en 1674 inventó el espiral.

En el año 1659, Monton, sacerdote y astrónomo de Lyon, midió por medio del péndulo el diámetro del Sol, y lo halló 31'32".

El escape de áncora, al que tan aficionados estamos los españoles, fué inventado en 1680 por un tal Clemens, relojero de Londres.

En cuanto al escape de cilindro, diremos que ha dado resultados excelentes por su gran sencillez. Fué inventado en 1715 por un relojero inglés llamado Graham. El cilindro está muy en boga hoy día, especialmente en Francia. Además inventó Graham el péndulo de compensación por medio del mercurio y un escape de reposo para los relojes astronómicos.

Julián Leroy, relojero de París, inventó en 1717 un reloj de ecuación que señalaba el tiempo verdadero, el orto del Sol y su ocaso.

Un parisien llamado Pasemant, inventó en 1749 un reloj sobremesa con esfera movable, que señalaba el movimiento de todos los planetas al rededor del Sol. Dautian, hábil relojero, empleó la *friolera* de doce años para su construcción.

Preocupaba tiempo há á los relojeros el frecuente desgaste de los centros rotatorios de los relojes de bolsillo. A pesar

(1) Antiguamente en los relojes de bolsillo servía una cuerda de guitarra, bastante delgada, para arrollar el muelle real ó gran resorte motor. En 1647 fué sustituida por una cadenilla metálica de eslabones sumamente primorosos, inventada por un relojero de Londres llamado Gruet. No es extraño, pues, que muchos den todavía la denominación de *cuerda* al muelle motor.

de los buenos metales que los constructores empleaban, agrandábanse dichos centros despues de pocos años de uso, originándose un roce mayor y el consiguiente desperdicio de fuerza. Con el invento debido á un tal Fácio, relojero de Ginebra, pudo evitarse el desgaste de partes tan esenciales. Inventó Fácio el arte de taladrar las piedras preciosas, con las cuales se guarnecieron despues los centros del escape y de algunas ruedas, disminuyéndose los roces ó frotamientos, y facilitándose de esta manera la trasmisión de la fuerza motriz. Desde entónces ya no ha habido necesidad de reparar tan á menudo los centros de los relojes de buena calidad.

Los cortos límites de esta obrita no nos permiten escribir un capítulo aparte, dedicado á Mr. Fernando Berthoud, célebre relojero parisien. Bien merecería un lugar preferente el que, no obstante el no existir años há, parece hacer sentir desde el sepulcro á la relojería los efectos de su vigoroso impulso. El nombre del hombre ilustre que nos ocupa no necesita de nosotros, para vivir tanto como los siglos. Más tampoco podemos pasar en silencio siquiera algunos de sus inventos, aunque pocos, por impedirnoslo el poco espacio de que podemos disponer. La marcha ordinaria de la relojería necesitaba tres siglos, para llegar al estado de progreso en que Berthoud la colocó en muy pocos años. Sentimos, pues, tener que limitarnos á apuntar muy poco de la série de sus grandes inventos.

Inventó Berthoud en 1779, por medio del resorte espiral la igualdad de las oscilaciones del volante, y expuso en una de sus obras principios ciertos sobre los reguladores; inventó y fabricó varios relojes marinos; á él se debe la teoría sobre el roce de los pivotes y sobre el volante regulador de los relojes de bolsillo; inventó el pirómetro para observar los péndulos compensadores; la balanza elástica; el método de suspensión del volante de los relojes marinos, el escape de vibraciones libres y los relojes astronómicos de ecuación, etc. etc. Despues de otros inventos que aqui omitimos y de haber escrito varias obras destinadas á ilustrar á los artistas aplicados, murió en la California en 1807 á la avanzada edad de 80 años, recién llegado allí para continuar algunos experimentos sobre sus cronómetros marinos.

No obstante de ser conocida la relojería desde muy anti-

guo por todo Europa, floreció más que en ninguna otra parte en Suiza. Conocido el reloj de bolsillo por aquellos montañeses, comenzaron á construir unos pocos, para llegar despues al estado industrial en que hoy se encuentran. Se estableció la industria relojera en Suiza en 1587, en la ciudad de Ginebra, y luego despues en los cantones de Neufchatel, Berna y Baud. Durante un siglo se establecieron en Ginebra unos cien relojeros, los cuales fabricaban anualmente unos 5000 relojes.

Pocos años há que se introdujo en Suiza la maquinaria para la fabricación, pero generalmente los suizos se desdeñan de emplearla en la construcción de ciertos mecanismos, y sostienen que el trabajo hecho á mano dá mejores resultados.

Segun datos que pueden considerarse como auténticos, el número de oficiales empleados en la manufactura en Neufchatel es de 13.706, los cuales fabrican un millón de relojes al año, y cuyo valor asciende á 50 millones de francos proxima-mente. En el Jura Vandois se ocupan 2700 trabajadores, en los demás pueblos del canton 5000, y en Berna hay 1300 obreros que fabrican anualmente relojes por valor de 30.000,000 de francos.

Hubo en 1873, en la Exposición universal de Viena, 76 expositores suizos, 22 franceses y 7 ingleses. En la Exposición de Filadelfia, de 1876, superaron los suizos á los americanos allí en su propio país: 29 expositores suizos competieron con 12 ingleses, 13 franceses y 12 alemanes; habia 26 americanos, con la circunstancia de ser algunos de ellos propietarios de manufacturas en Suiza. Sobrepujaron tambien los suizos en la Exposición de París de 1877, como tambien en la última y universal de 1889. (1)

(1) En la Exposición universal de Barcelona, de 1888, en relojería apenas si hubo concurso de ninguna casa extranjera. La acreditada casa alemana Maurer expuso reguladores magníficos, de su propia fabricación. La no intervencion de los suizos debióse probablemente al pobre juicio que en el extranjero se formaba de nuestra Exposición, debido sin duda al disfavor que nos hacian los periódicos extranjeros, apoyados por algunos cómplices de por acá, por el mero hecho de tratarse de cosas españolas. Y vinieron despues los corresponsales extranjeros á presentarse como sus compatriotas no podian competir con nuestra industria, y á contemplar la importancia de la Exposición universal Barcelonesa, superior á la de París de 1877.

El número total de relojes fabricados anualmente en Suiza es de 1.600,000, los cuales representan próximamente un valor de 88.000,000 de francos; y el número de obreros ocupados en la fabricación y diseminados por todo el territorio de la Confederación, es de 41000: un tercio de este número son mujeres.

Podría tratárenos de ingratos si antes de concluir éste bosquejo histórico de la relojería no dedicásemos algunas líneas al difunto M. Luis Clemente Francisco Breguet, nieto del célebre relojero Abraham Breguet. El nombre de Breguet va unido inseparablemente á la historia de la relojería, y forma una de sus más brillantes páginas.

Nació Luis Breguet en 22 de Diciembre de 1804. Comenzó su aprendizaje de relojero á los 15 años de edad, y pasó luego á Suiza para estudiar la fabricación de aquel país. Vuelto á su casa, su señor padre Antonio Breguet le encargó la dirección de sus talleres. Poco despues de haberse puesto al frente de la fabricación de su casa, inventó un calibre especial para los cronómetros de un solo barrilete dentado. Hizo importantes estudios sobre el isocronismo, y construyó para este objeto espirales de acero, oro y cristal, de formas cilindrico-rectas, con y sin curvas terminales, cilindrico-cónicas, con y sin curvas, elípticas á fuer esféricas y á barril; fué esta última forma inventada por Abraham Breguet y aplicada por él á sus cronómetros marinos. Luis Breguet la adoptó para sus cronómetros de un solo barrilete, por ofrecer más ventajas para el isocronismo. Introdujo una modificación en los contadores de aguja de punto de su abuelo sustrayéndolos al influjo de la fuerza motriz, é inventó unos contadores que señalaban los minutos y segundos de un modo simultáneo.

Más como la clara inteligencia de L. Breguet necesitase más vasto campo para sus exploraciones, fundó un establecimiento de física al lado del de relojería, el cual fué enriquecido por aquella profusión de aparatos esmeradamente fabricados, destinados á ilustrar á los jóvenes estudiosos en todas las universidades del mundo. Su termométrógrafo horario fué la primera invencion con la cual Breguet principió á conquistarse un puesto distinguido, no solo entre los ar-

tistas obreros, sí que también entre los hombres encanecidos en los más delicados estudios científicos.

En 1840 presentó Breguet uno de estos instrumentos á la Academia de Ciencias, y otro por el estilo para determinar las temperaturas horarias á la Universidad de Kazan (Rusia). Este instrumento marcaba algunas veces durante el año una temperatura de 42 grados bajo cero. El éxito de los experimentos hizo que Luis Breguet fuese elegido miembro correspondiente de dicha Universidad.

Hizo importantes ensayos al lado del sábio profesor de física M. Masson, sobre la transformación de la electricidad dinámica en electricidad estática, dando por resultado la construcción de un nuevo aparato de física de inducción, y conocido hoy día con el nombre de *aparato de Ruhmkorff*.

Arago, astrónomo ilustre, asoció á Breguet á sus trabajos sobre la propagación de la luz para determinar por medio de un instrumento el valor de las teorías rivales, de las ondulaciones y de las emisiones. Construyó Breguet para este objeto un aparato de ruedas con tres espejos combinados, dando cada uno de ellos, bajo el impulso de una moderada fuerza motriz, más de 10,000 vueltas por segundo. Por estos delicadísimos trabajos fué nombrado miembro del *Bureau des Longitudes*.

Fué en 1845 elegido por el gobierno para formar parte de la comisión que iba á presidir el acto de la inauguración del telégrafo eléctrico entre París y Rouen: L. Breguet discutió y construyó un aparato para reproducir exactamente todos los signos del telégrafo eléctrico aéreo entonces en uso. Construyó para los ferro-carriles el telégrafo de letras, el cual fué adoptado en todas las líneas francesas. En el mismo año (1845) L. Breguet fué nombrado caballero de la Legión de Honor.

En las Exposiciones también ocupó Breguet un puesto eminente. En la de 1834 se le concedió diploma y medalla de oro: En la de 1844 otro diploma y medalla de oro. En la Exposición universal de París de 1855 expuso cronómetros de marina, péndulos portátiles, relojes de pared, péndulos y relojes de bolsillo *simpáticos*, de repetición, de minutos, de señalar perpetuamente los días, de segundos independientes, etc. etc. En la Exposición especial de reloje-

ria de Besançon en 1860 fué elegido miembro del jurado. En la de Londres, de 1862, se le concedieron dos medallas, una por sus trabajos eléctricos y otra por su relojería de precisión, siendo también miembro del jurado. La Sociedad de Ingenieros de Viena le nombró socio correspondiente en 1863, y en 1865, en la Exposición de Lisboa, se le dió una medalla de honor por sus trabajos de telegrafía. En la universal de París de 1867, L. Breguet fué nombrado miembro del jurado como relator y calificador. Siempre infatigable y activo, también le vemos miembro del jurado en la Exposición de Altona en 1869 y luego en la universal de Viena en 1873. Fué admitido en 1874 entre los miembros de la Academia, y en fin, en la Exposición universal de París, el jurado le otorgó un gran premio y una medalla de oro, y el gobierno le nombró oficial de la Legión de Honor.

Con lo que queda dicho, que no es más que una sombra de lo mucho que queda por decir, basta ya para divisar, al frente de las artes mecánicas, la simpática figura de Luis Breguet.

Por fin iba á cumplir 79 años, cuando la muerte vino á cortar el hilo de tan preciosa existencia, después de haber empleado nuestro célebre artista más de medio siglo en sus investigaciones, y no sin haber tenido que llorar con amargo desconsuelo, ya en sus postreros días, la muerte de una linda hija, y de su hijo Antonio.

Omitimos hablar de otros distinguidos artistas que desde M. Breguet hasta la actualidad han contribuido al progreso y perfeccionamiento de la relojería: esto vendría á ser tan prolijo como inútil para nuestros lectores.





CAPÍTULO II.

LOS DOS TIEMPOS.

I.

El día solar se compone de 24 horas, poco más ó ménos: éste es el *tiempo verdadero*, el cual es medido por todos los cuadrantes solares bien trazados.

Los días solares no son exactamente de 24^h, puesto que el Sol unas veces emplea más de 24^h de uno á otro mediodía, mientras que en otros días dá la misma aparente vuelta en ménos tiempo. Los intervalos, pues, que median entre los pasos sucesivos del Sol por un meridiano, son de desigual duracion.

La causa de dichas desigualdades del día solar está en el movimiento ánuo de la Tierra, llamado de traslacion. Porque si bien es cierto que esta en su movimiento de rotacion emplea siempre, constantemente el mismo tiempo, esto no obstante, como desde un paso del Sol por el meridiano hasta el del día siguiente, la Tierra ha recorrido ya un arco de su órbita en movimiento variable, resulta que, para hallarse el

Sol en el mismo punto de donde salió el día anterior, deberá girar la Tierra cierto arco en su movimiento de rotación; y como por efecto del irregular movimiento de traslación resulten desiguales dichos arcos, séguense de esto necesariamente las desigualdades entre los días solares. (1)

II.

Llámase *tiempo medio* al que los astrónomos han reducido á la igualdad, formando días iguales entre sí, llamados también *días medios*: éste es el tiempo igual, y por consiguiente el que puede ser medido por todos los relojes mecánicos bien contruidos.

No pudiendo medir los relojes más que un tiempo uniforme, se comprende fácilmente el error de los que pretenden regular los relojes con el meridiano, sin tener en cuenta las diferencias del día solar. He aquí la causa de que muchos se vean en la imposibilidad de poder apreciar las discrepancias de su reloj y de poderlo regular, por querer ajustar su marcha al Sol ó al curso irregular de dicho astro.

Constituye la *ecuación de tiempo* la serie de estas diferencias del tiempo verdadero, pero añadiendo en unos casos y restando en otros, con el fin de obtener el tiempo igual.

Un péndulo bueno y puesto en hora al tiempo medio ó igual, señalará las 12 ya antes, ya después del mediodía verdadero. Un reloj así arreglado estará acorde con el Sol el día 15 de Abril, día en que solo hay una insignificante diferencia entre los dos tiempos, y que puede considerarse como nula, excepto en los casos en que sea menester hacer observaciones muy delicadas ó científicas. Al pasar el Sol por el meridiano el 30 de dicho mes, el péndulo señalará $11^h 57^m 9^s$,

(1) La posición oblicua del eje terrestre respecto del de la Eclíptica, así como es la causa de la variedad de estaciones, contribuye también á la desigualdad de los días solares.

puesto que el Sol habrá adelantado $2^m 51^s$ desde el día 15. Seguirá el reloj-péndulo señalando el tiempo medio con una diferencia de pocos minutos en los días de Mayo, respecto del tiempo verdadero; decrece luego el movimiento de avance del día solar, para hallarse en armonía el péndulo con el mediodía verdadero el día 14 de Junio. Prosiguiendo la observación, hallaremos que el 30 de Junio el reloj señalará $12^h 3^m 20^s$ á mediodía solar, por la variación que el tiempo verdadero habrá hecho en sentido de atraso desde el día 14, y cuya diferencia va aumentando en casi todo el mes de Julio, llegando á $6^m 9^s$ de atraso el día 31; y por la misma razón el reloj deberá señalar $12^h 6^m 9^s$, á 12^h del cuadrante solar en dicho día. Decrece poco á poco en todo el mes de Agosto hasta el 31 de este mes, en que ambos tiempos vuelven á estar de acuerdo. Vuelve el Sol á adelantar en el mes de Septiembre, llegando á $9^m 58^s$ el día 30; aumenta sensiblemente el adelanto en todo el mes de Octubre, hasta llegar á $16^m 17^s$ el día 31. Como se comprenderá, el día 31 de este mes, el reloj ó péndulo marcará $11^h 43^m 43^s$ á mediodía verdadero.

El máximo de la diferencia se observa el día 3 de Noviembre, en que hay $16^m 20^s$. (1) Disminuye la diferencia desde dicho día hasta el 24 de Diciembre, en que van acordes los dos tiempos, ó en que se verifica la cuarta y última coincidencia.

Como se habrá notado ya, los cuatro días del año en los cuales coinciden los tiempos verdadero y medio, son: el 15 de Abril, el 14 de Junio, el 31 de Agosto y el 24 de Diciembre.

III.

Con lo que queda dicho bastaría para entender algunas de las reglas para *afinar* ó regular los relojes, sean de pared ó de bolsillo. Sin embargo, no podrían ser de utilidad práctica

(1) Aunque en algún otro día haya la misma diferencia *al segundo*, no es así en rigor *en fracción de segundo*.

ca si no diésemos más adelante una regla fija para arreglar las observaciones al tiempo igual, y si no expusiéremos después las reglas para hallar el meridiano, y poder conocer el tiempo verdadero, que ha de ser la base en nuestras observaciones.

Para mayor comodidad de nuestros amigos, damos á continuación unas tablas de ecuación para todos los días del año, conformes con las que ha publicado recientemente el Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando. Habiendo sido compuestas dichas tablas por profesores tan competentes en la materia, nadie puede dudar de su exactitud. Una diferencia hay entre las tablas de dicho Observatorio y las aquí insertas; más como esta diferencia no es esencial, no por esto dejan de estar de acuerdo. Bien léjos de atrevernos á tocar nada en su parte esencial, ó de ajar con nuestra mano lo que han hecho hombres tan eminentes; solo nos hemos permitido introducir una modificación en la forma, para acomodarla mejor á esta clase de observaciones.

IV.

Estas tablas están arregladas á horas de tiempo medio. El reloj, pues, deberá señalar exactamente la hora (siquiera al minuto) de las tablas de ecuación, en el momento mismo de pasar el Sol por el meridiano ó de señalar mediodía el cuadrante solar.

Cuando el reloj se desvia de la hora de las tablas de ecuación es indudable que no está perfectamente regulado; en cuyo caso se sube la péndula si atrasa ó se baja si adelanta. La misma regla rige para los relojes portátiles, por medio del registro que llevan destinado al objeto.

Cuando las diferencias de un reloj son desiguales, prueba esto que su marcha es irregular, y que no solo discrepa, sino que varia: una cosa es *discrepar*, y otra *variar*. Discrepa un re-

loj cuando son iguales sus diferencias; y varia cuando su movimiento es inconstante, ora adelantando más, ora adelantando menos, ya adelantando ya atrasando. Esto rarísimas veces se observa en los relojes de pared, y menos en los que tienen por motor el peso.

V.

Para conocer el tiempo medio es preciso observar el tiempo verdadero. Menester será, pues, poner el reloj á la hora correspondiente de las tablas de ecuación en el mismo momento de señalar mediodía en punto el reloj solar, ó lo que es igual, en el instante mismo de pasar el Sol por el meridiano. Se observará al cabo de algunos días si el reloj marca exactamente la hora de la tabla, y si discrepa será fácil apreciar su diferencia, la cual se corrègirá repitiendo la observación una, dos ó tres veces, y tocando la péndula si es de pared, ó el registro si es portátil ó de bolsillo, como ya queda dicho.

Repetimos que la hora de mediodía es la más propia para las observaciones, pero acompañada siempre de las tablas de ecuación. (1)

Cuando el reloj marcha constantemente al tiempo medio, que es un tiempo igual, está ya regulado y en la mejor disposición para arreglar los demás.

(1) Si hay inconveniente en querer regular el reloj *exclusivamente* con el día solar verdadero, no lo habrá menos en pretender arreglarlo con los relojes que se les hace seguir sus variaciones: de este inconveniente adolecen casi todos los relojes públicos.

Las tablas de ecuación que aquí damos, aunque formadas según las que ha dado para el próximo año de 1891 el Observatorio de San Fernando, podrán servir para todos los demás años, sean comunes ó bisieños: existe en esto cierta compensación bien suficiente para que en el uso común no haya error notable de unos á otros años. Los que necesiten más exactitud, pueden consultar el Almanaque Náutico de San Fernando, (preciosa obra que anualmente publica dicho Observatorio) el cual da todos los años la ecuación de tiempo para todos los días, al centésimo de segundo.

ECUACION DE TIEMPO.

HORA DE TIEMPO MEDIO QUE EL RELOJ DEBE SEÑALAR
Á MEDIODIA VERDADERO.

DIAS DEL MES.	ENERO.			FEBRERO.		
	Horas.	Minutos.	Segundos.	Horas.	Minutos.	Segundos.
1	12	3	45	12	13	48
2	12	4	13	12	13	55
3	12	4	41	12	14	2
4	12	5	8	12	14	8
5	12	5	35	12	14	13
6	12	6	2	12	14	17
7	12	6	28	12	14	21
8	12	6	54	12	14	24
9	12	7	19	12	14	26
10	12	7	44	12	14	27
11	12	8	8	12	14	27
12	12	8	32	12	14	27
13	12	8	54	12	14	26
14	12	9	17	12	14	24
15	12	9	38	12	14	21
16	12	9	59	12	14	17
17	12	10	19	12	14	13
18	12	10	38	12	14	8
19	12	10	57	12	14	3
20	12	11	15	12	13	56
21	12	11	32	12	13	50
22	12	11	48	12	13	42
23	12	12	4	12	13	34
24	12	12	19	12	13	25
25	12	12	33	12	13	15
26	12	12	46	12	13	5
27	12	12	58	12	12	55
28	12	13	10	12	12	44
29	12	13	20	»	»	»
30	12	13	30	»	»	»
31	12	13	39	»	»	»

TIEMPO MEDIO

Á MEDIODIA VERDADERO.

DIAS DEL MES.	MARZO.			ABRIL.		
	Horas.	Minutos.	Segundos.	Horas.	Minutos.	Segundos.
1	12	12	32	12	3	58
2	12	12	20	12	3	40
3	12	12	7	12	3	22
4	12	11	54	12	3	4
5	12	11	41	12	2	47
6	12	11	27	12	2	29
7	12	11	13	12	2	12
8	12	10	58	12	1	55
9	12	10	43	12	1	38
10	12	10	28	12	1	22
11	12	10	12	12	1	6
12	12	9	56	12	0	50
13	12	9	40	12	0	34
14	12	9	23	12	0	19
15	12	9	6	12	0	4
16	12	8	49	11	59	50
17	12	8	31	11	59	36
18	12	8	14	11	59	22
19	12	7	56	11	59	9
20	12	7	38	11	58	55
21	12	7	20	11	58	43
22	12	7	2	11	58	30
23	12	6	43	11	58	19
24	12	6	25	11	58	7
25	12	6	7	11	57	56
26	12	5	48	11	57	46
27	12	5	30	11	57	36
28	12	5	11	11	57	26
29	12	4	53	11	57	18
30	12	4	34	11	57	9
31	12	4	16	»	»	»

TIEMPO MEDIO

Á MEDIODIA VERDADERO.

DIAS DEL MES.	MAYO.			JUNIO.		
	Horas.	Minutos.	Segundos.	Horas.	Minutos.	Segundos.
1	11	57	1	11	57	34
2	11	56	54	11	57	43
3	11	56	47	11	57	53
4	11	56	41	11	58	3
5	11	56	36	11	58	13
6	11	56	31	11	58	24
7	11	56	26	11	58	35
8	11	56	23	11	58	46
9	11	56	19	11	58	58
10	11	56	17	11	59	9
11	11	56	14	11	59	21
12	11	56	13	11	59	34
13	11	56	12	11	59	46
14	11	56	11	11	59	58
15	11	56	12	12	0	10
16	11	56	12	12	0	23
17	11	56	13	12	0	36
18	11	56	15	12	0	48
19	11	56	17	12	1	1
20	11	56	20	12	1	14
21	11	56	24	12	1	27
22	11	56	27	12	1	40
23	11	56	32	12	1	53
24	11	56	37	12	2	6
25	11	56	42	12	2	18
26	11	56	48	12	2	31
27	11	56	55	12	2	43
28	11	57	2	12	2	56
29	11	57	9	12	3	8
30	11	57	17	12	3	20
31	11	57	25	»	»	»

TIEMPO MEDIO

Á MEDIODIA VERDADERO.

DIAS DEL MES.	JULIO.			AGOSTO.		
	Horas.	Minutos.	Segundos.	Horas.	Minutos.	Segundos.
1	12	3	32	12	6	6
2	12	3	43	12	6	2
3	12	3	55	12	5	58
4	12	4	6	12	5	53
5	12	4	16	12	5	48
6	12	4	27	12	5	41
7	12	4	37	12	5	35
8	12	4	46	12	5	27
9	12	4	55	12	5	20
10	12	5	4	12	5	11
11	12	5	13	12	5	2
12	12	5	20	12	4	52
13	12	5	28	12	4	42
14	12	5	35	12	4	31
15	12	5	41	12	4	20
16	12	5	47	12	4	8
17	12	5	53	12	3	55
18	12	5	57	12	3	42
19	12	6	2	12	3	29
20	12	6	5	12	3	15
21	12	6	9	12	3	1
22	12	6	11	12	2	46
23	12	6	13	12	2	30
24	12	6	15	12	2	15
25	12	6	16	12	1	58
26	12	6	16	12	1	42
27	12	6	16	12	1	25
28	12	6	15	12	1	8
29	12	6	14	12	0	50
30	12	6	12	12	0	32
31	12	6	9	12	0	14

TIEMPO MEDIO

Á MEDIODIA VERDADERO.

DIAS DEL MES	SETIEMBRE.			OCTUBRE.		
	Horas.	Minutos.	Segundos.	Horas.	Minutos.	Segundos.
1	11	59	56	11	49	42
2	11	59	37	11	49	23
3	11	59	18	11	49	5
4	11	58	59	11	48	46
5	11	58	39	11	48	28
6	11	58	19	11	48	11
7	11	57	59	11	47	54
8	11	57	39	11	47	37
9	11	57	18	11	47	20
10	11	56	58	11	47	4
11	11	56	37	11	46	49
12	11	56	16	11	46	34
13	11	55	55	11	46	19
14	11	55	34	11	46	5
15	11	55	12	11	45	51
16	11	54	51	11	45	38
17	11	54	30	11	45	26
18	11	54	9	11	45	14
19	11	53	47	11	45	3
20	11	53	26	11	44	52
21	11	53	5	11	44	42
22	11	52	44	11	44	33
23	11	52	23	11	44	25
24	11	52	2	11	44	17
25	11	51	42	11	44	10
26	11	51	21	11	44	3
27	11	51	1	11	43	58
28	11	50	41	11	43	53
29	11	50	21	11	43	49
30	11	50	2	11	43	45
31	»	»	»	11	43	43

TIEMPO MEDIO

A MEDIODIA VERDADERO.

DIAS DEL MES.	NOVIEMBRE.			DICIEMBRE.		
	Horas.	Minutos.	Segundos.	Horas.	Minutos.	Segundos.
1	11	43	41	11	49	9
2	11	43	40	11	49	32
3	11	43	40	11	49	55
4	11	43	40	11	50	19
5	11	43	42	11	50	44
6	11	43	44	11	51	10
7	11	43	47	11	51	35
8	11	43	51	11	52	2
9	11	43	56	11	52	28
10	11	44	2	11	52	55
11	11	44	8	11	53	23
12	11	44	15	11	53	51
13	11	44	23	11	54	19
14	11	44	32	11	54	47
15	11	44	42	11	55	16
16	11	44	53	11	55	45
17	11	45	4	11	56	15
18	11	45	16	11	56	44
19	11	45	29	11	57	14
20	11	45	43	11	57	43
21	11	45	58	11	58	13
22	11	46	14	11	58	43
23	11	46	30	11	59	13
24	11	46	47	11	59	43
25	11	47	5	12	0	12
26	11	47	24	12	0	42
27	11	47	44	12	1	12
28	11	48	4	12	1	41
29	11	48	25	12	2	11
30	11	48	46	12	2	40
31	»	»	»	12	3	9

CAPÍTULO III.

Modo de trazar la línea meridiana en un plano horizontal.

Generalmente puede servir para esto una piedra ó un ladrillo, de forma cuadrada ó cuadrilonga, cuya superficie sea bien plana y lisa. Si la piedra fuese mármol y preparada al efecto por un marmolista, sería lo más propio para trazar un cuadrante solar, y muy ventajoso aunque no se trazara en él mas que la línea meridiana. (1) Pero como el mármol no se halla generalmente mas que en las capitales, por esto hemos dicho que puede servir un ladrillo, bien preparada una de sus caras.

Sea, por fin, lo que quiera lo que se adopte, deberá procederse de la siguiente manera:

Escogida ya la piedra ó pieza, señálese un punto en A (lámina 1.^a) desde el cual, como centro, se trazará con un compás el arco BC: si en lugar de un arco se trazan dos, tres ó más, podrá ser más exacta la operacion. Hecho esto, se trasladará la pieza por el punto A en todo su grueso, practicando un agujero en el cual se fijará una varilla de hierro, bien perpendicular al plano horizontal; lo que se consigue facilmente por medio de un cortabon ó escuadra.

En cuanto á la altura de la varilla, si bien es indiferente cuando no haya de señalar más que mediodia, sin embargo será mejor fijarla ó determinarla para las operaciones que vamos á indicar, y tambien para que, trazada ya la línea meridiana, no pase más allá de esta la sombra de la varilla cuando el Sol se halla más bajo en el horizonte.

(1) Si se emplea el mármol negro, se evita el mal efecto que el reflejo de los rayos solares puede causar á la vista del observador.

La relacion de la altura de la varilla ó gnómon con la longitud de la línea meridiana es diferente en todos los puntos de la tierra que no están en un mismo paralelo: por eso han errado algunos de los que han escrito sobre gnomónica, formando tablas en que establecen una misma relacion para todos los puntos del globo, sin tener en cuenta las diversas latitudes. Esta relacion es, en Lérida y su paralelo, como 31 es á 100. Si la línea meridiana, pues, tiene 100 de longitud, debe darse al gnómon 31 de altura; y para mayor facilidad, sea la altura del gnómon igual á la tercera parte de la línea meridiana. (1)

Cuando se tenga ya fijada la varilla se pasará á colocar el cuadrante en un sitio donde ilumine el Sol mañana y tarde cuanto más tiempo mejor, pues que si no diese el Sol en el cuadrante mas que, por ejemplo, desde una hora antes y otra despues de mediodia, no estaria en tan buenas condiciones por hallar la línea meridiana.

Colocada ya la pieza de manera que la varilla esté en la parte del Sur ó mediodia todo lo posible, se pondrá gran cuidado en asegurarla bien, y sobre todo se procurará á que su superficie quede bien plana ú horizontal: esto es importantísimo, y se consigue con gran facilidad por medio del nivel de aire, ó con el triángulo y plomada que usan los albañiles.

Fijada así la piedra de manera que no pueda moverse, se escojerá uno de esos dias claros, sin nubes, para poder obrar con más seguridad; puesto que las operaciones deben hacerse en la mañana y tarde *de un mismo dia*, sea éste el que fuere. Obsérvese por la mañana el momento en que la sombra de la punta de la varilla entre en el arco BC, y señálese con lápiz dicho punto en el arco. Repítase la operacion por la tarde cuando la misma sombra pase otra vez por el mis-

(1) La misma relacion puede adoptarse en toda la provincia; pues aunque desde Tremp y su paralelo hasta el Pirineo debe ser algo más corta la varilla, es una diferencia insignificante y hasta despreciable no debiendo señalar mas que mediodia.

mo arco, y se tendrán ya los dos puntos BC. Lo mismo se hará en los demás arcos previamente trazados.

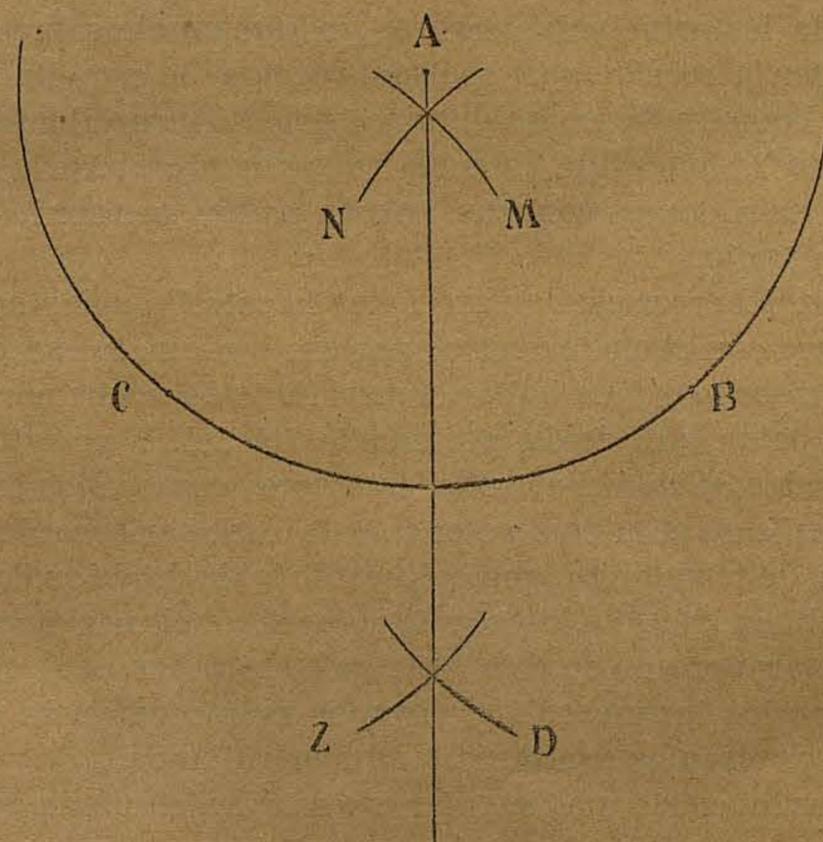
Señalados todos los puntos de paso de la sombra por los arcos, tómese el compás, y fijando uno de sus piés en B, por ejemplo, se trazará el pequeño arco N hácia un extremo del cuadrante, y otro arco D en la parte opuesta. Múdense de centro el compás, *pero con la misma abertura*, fijándole en el punto C, y se describirán los dos pequeños arcos MZ, de manera que crucen con los ya señalados ND. Hecho esto tendremos ya la direccion de la recta meridiana, pues no hay mas que tomar una regla, acomodarla á los puntos de interseccion ó de cruce de los pequeños arcos, y trazar con cuidado una línea que pase exactamente por dichos puntos, prolongándola hasta el pie de la varilla, y por la parte opuesta hasta el extremo del cuadrante. Esta línea será el meridiano ó línea meridiana todos los dias, ó sea el mediodia en el tiempo solar. (1)

Si se hubiesen trazado mas arcos como B C podrá resultar que, despues de señalados todos los puntos del paso de la sombra por ellos, y trazado desde dichos puntos pequeños arcos como M N Z D podrá, decimos, suceder que los puntos de interseccion ó de cruce de los pequeños arcos no estén en línea recta: en este caso, al trazar la recta se procurará á que esta pase por la mayor parte de dichos puntos. He aquí el por qué de haber advertido que se tracen muchos arcos como B C en lugar de uno solo, pues que siendo diferentes los puntos que de ellos resultan, puédese mas facilmente evitar el error pasando, como hemos dicho, la recta ó línea meridiana por la mayor parte de ellos. Y aun cuando resultasen mitad de los puntos formando una línea, y mitad otra, se toma el promedio para asegurarse de la exactitud. Faltan estas

(1) Para saber la hora meridiana con mas exactitud existen varios instrumentos, entre los cuales el moderno *Depleidóscopo de M. Dent* sirve á maravilla. Este precioso instrumento da el paso del Sol por el meridiano mas exactamente de lo que necesita el uso vulgar.

ventajas cuando no hay mas que un arco, pues basta errar algo al señalar un solo paso de la sombra, para despues resultar mal trazada la meridiana.

El haber trazado más de un arco es tambien ventajoso por otra razon, y es, que despues de señalado el punto B, por ejemplo, ó sea el paso de la sombra por el arco en la mañana,

Lam. 1^a

puede suceder que en el momento de tener que señalar el punto de la tarde en C, pase una nube y esconda el Sol; en cuyo caso tenemos ya perdido aquel dia para hallar la meridiana, puesto que ni el punto señalado por la mañana sirve para nada, porque *es necesario* que todos los puntos queden señalados *en un mismo dia*.

También tenemos que advertir que al señalar los puntos del paso de la sombra por los arcos conviene distinguir cuidadosamente *la penumbra* ó sombra imperfecta que siempre rodea á la sombra bien definida ó limitada.

Medio inconducente que algunos practican para hallar el meridiano.

Uno de los principales errores en que muchos incurren para hallar la meridiana ó sea la dirección de esta línea, es el tomar como regla, como punto céntrico é invariable, á una estrella de 2.^a magnitud llamada vulgarmente el Norte, á la que los astrónomos conocen por *la polar*, por ser la más cercana al polo.

La raíz del error está en creer que la estrella polar se halla en línea con el eje terrestre; por eso los que lo creen así entienden ser más fácil hallar el meridiano de noche por medio de la polar, que de día por medio del Sol. Y no estarían desacertados si dicha estrella estuviera, como ellos creen, exactamente en el mismo polo: en este caso sería verdadera su teoría, de tal manera, que la línea dirigida desde cualquier punto del hemisferio á la estrella polar sería el meridiano de aquel lugar; porque en este sentido á los polos es á donde se dirigen los innumerables círculos máximos de la esfera, y cuyos círculos son otros tantos meridianos.

Pero es lo cierto que la polar no está en el mismo polo. Según vemos en las *efemérides astronómicas*, tiene una declinación de 88° y unos 43'; de lo cual deducimos que su distancia al polo es de un grado 17', con poca diferencia. (1) Y

(1) Se entiende por *declinación de un astro* el ángulo que forma con el Ecuador la recta tirada desde el centro de la Tierra al centro del astro. Los signos ° ' " son respectivamente grados, minutos y segundos de arco: téngase esto presente para más adelante.

aun si esa distancia fuese constante habría ménos dificultad en dar reglas fijas para hallar el punto polar; pero sucede que actualmente tiende el polo á acercarse á dicha estrella, y, según enseñan los astrónomos, seguirá así hasta llegar á 30' de ella, desde cuyo punto tomará rumbo distinto, alejándose no poco con el tiempo, y por espacio de un número considerable de años. De lo cual debemos inferir que la estrella polar no sirve *como quiera* para hallar la línea meridiana.

Tal vez en el uso vulgar podría evitarse el error solamente aprovechando el momento del paso de dicha estrella por el meridiano superior, ó también por el inferior. Estos dos pasos, lo mismo que de las circumpolares comprendidas dentro el *círculo de perpétua aparición*, puede el observador verlos todas aquellas noches cuya mínima duración sea de doce horas, y cuyo primer paso de la estrella tenga lugar al principiar la noche.

Pero ¿cómo podrá el aficionado conocer dichos pasos, no estando versado en esta clase de observaciones? Creemos que es bastante difícil. Mas ya que muchos tienen afición á tan erróneo sistema (ó rutina mejor dicho) de buscar el meridiano por medio de la estrella polar, vamos á darles una regla para que puedan evitar error muy notable.

Es evidente, como ya hemos dicho, que si la estrella polar estuviera en el mismo polo, bastaría dirigir hácia ella una línea recta desde cualquier punto de la Tierra, para que dicha línea fuese la verdadera meridiana. Pero ya que la polar no está en el polo ni éste tiene señal alguna en el cielo; ya que es difícil conocer ese punto, si á lo menos se supiera el paso de un astro cualquiera por el meridiano, bastaría en aquel momento dirigir una línea á la vertical del mismo para obtener la meridiana.

Para conseguirlo es preciso elegir, no ya una sola estrella, sino dos que estén en línea con el polo: conseguido esto ya tenemos lo otro, puesto que, si dos estrellas están en una misma línea con el punto polar estarán también en un mis-

mo meridiano, ó en opuesto, como sucede siempre con las que vamos á indicar (con una diferencia insignificante en el uso vulgar.)

Estas dos estrellas, muy conocidas y fáciles de observar y que están en línea con el polo, son la misma polar y la del medio de la cola de la Osa Mayor; constelacion conocida vulgarmente con el nombre de *Carro grande*. Aprovechando el observador esta ocasion, es decir, el paso de dicha estrella de la Osa Mayor por encima ó por debajo de la polar, dirigirá una línea hácia la segunda estrella, y tendrá ya su meridiana.

No debe dirigirse dicha línea precisamente á la misma estrella, sino á la vertical que por ella pasa, ó sea á la visual que el observador imagina bajar de la estrella á la Tierra. Esta línea, que para nuestro objeto la consideraremos perpendicular á nuestro horizonte, la indica perfectamente una plomada que el observador suspende delante de sí, colocándose él de manera que la cuerda ó hilo de la plomada se interponga en línea entre su ojo y el astro. (1) Esta ha de ser la línea directriz de la meridiana en plano horizontal.

Creemos que con esta regla evitarán los aficionados incurrir en el error de los que, sin ninguna precaucion, pretenden hallar *á todas horas de la noche* la línea meridiana; así ya no será *inconducente* el medio de servirse para ello de la estrella polar.

De los inconvenientes en el uso de la aguja magnética para hallar el meridiano.

Aun preseiñdiendo del error más grande y más generalmente admitido, el cual consiste en creer que la aguja imantada se dirige, en su estado de reposo, al Norte; y suponiendo que algunos sin incurrir en tamaño error pretenden hallar

(1) Si en lugar de una plomada se usan dos en la misma línea, será más fácil la operacion.

la meridiana por medio de la brújula, sin embargo no se puede aconsejar como regla para hallar dicha línea exactamente.

Los que creen que la aguja mira al Norte y se sirven de ella para hallar el meridiano, estarán muy léjos de hallar la línea que buscan; y errarán más ó ménos, segun sea el punto de la Tierra donde quieran averiguar la verdadera direccion de la meridiana. (1)

Para mejor inteligencia expondremos brevemente lo que hay que notar en la brújula.

I.

Toda aguja imantada cuyo centro de gravedad esté colocado libremente sobre la punta de un alfiler perpendicular á un plano horizontal, no quedará, en su reposo, paralela á dicho plano, sino que formará con él un ángulo llamado de *inclinacion*; el cual es nulo solamente en la línea llamada *ecuador magnético*, que está á unos 12° del ecuador terrestre.

Partiendo del ecuador magnético hácia sus polos (que están bien distantes de los terrestres) se le observa á la aguja un aumento de inclinacion, hasta tal punto que, colocada debajo de uno de sus polos, llega á inclinarse 90°; es decir, viene á colocarse en posicion vertical. Por esto, para medir bien el grado de inclinacion se usa la aguja colocada en eje horizontal, lo cual le permite oscilar y fijarse más ó ménos verticalmente, señalando así su inclinacion en plano tambien vertical, en lugar del horizontal que aqui usamos por permitirlo aún la inclinacion de la aguja en esta parte de la Tierra.

(1) En Lérida llegaria el desvío á la *fritolera* de dos horas poco más ó ménos.

II.

Empero el movimiento de inclinacion no influye en la direccion de la línea meridiana, que es nuestro objeto: lo que sí influye, y bien directamente, es otro movimiento llamado de *declinacion*.

Se entiende por declinacion el ángulo que la aguja forma con el meridiano en cualquier punto de la Tierra, ó sea lo que se desvía del polo del mundo. La declinacion se denomina Nor-Este ó Nor-Oeste, segun sea el lado donde se dirija la aguja, al Este ó al Oeste del polo. Y además la declinacion, semejante á la inclinacion, es muy vária en los diferentes puntos de la Tierra, siendo no solo diferente en casi todos los lugares, sino que en un mismo punto está sujeta á variacion.

Estas variaciones de la aguja se verifican con gran lentitud é irregularidad; pero son bien suficientes para hacerla inútil al uso vulgar en la averiguacion del meridiano. Tiene además la aguja sus variaciones diurnas, ó sean unas oscilaciones que experimenta al E. ú O., en el intervalo de un dia; mas como estas sean de poca importancia, y hasta imperceptibles á simple vista, no hay que tenerlas en cuenta.

Tambien se han observado en la brújula perturbaciones causadas por la caida de un rayo, por temblores de tierra, neblinas, temporales, erupciones volcánicas, etc.; y aunque no existieran otras causas perturbadoras mucho más temibles que las mencionadas, para alterar la direccion de la aguja, siempre fuera prudente no regirse con ella para hallar el meridiano. Pero es lo cierto que, como el hierro abunda tanto en todas partes, y es tanta su afinidad con el imán, puede á lo mejor trastornar el natural nordesteo de la aguja.

En vista, pues, de tantas variaciones, debemos concluir

que la aguja imantada no sirve para hallar exactamente la línea meridiana. (1)

El medio que hemos dado en la Lám. 1.^a es quizá el más antiguo y el más exacto para el uso comun.

CAPÍTULO IV.

**Modo de hallar la hora de tiempo verdadero
sin necesidad de la línea meridiana.**

Despues de haber descrito las reglas para hallar la línea meridiana, y manifestado los errores que impiden hallar su direccion verdadera, hemos creido conveniente dar aquí otra regla ó medio para poner el reloj en hora; medio que tal vez podrá ser útil á los que por razon de sus ocupaciones no pueden estar en su casa á la hora meridiana, y sí en ciertas horas de mañana y tarde.

La operacion es muy sencilla, y para obtener el resultado seguro, basta tener preparado un plano horizontal como el cuadrante solar descrito en la Lám. 1.^a; y hasta puede servir el mismo, aunque tenga ya señalada la línea meridiana. Porque si es verdad que esta línea no sirve para este modo de averiguar la hora, lo es tambien que en nada impide la

(1) Creemos que esta descripcion, aunque muy breve, de las variaciones de la brújula, bastará para que cualquiera comprenda la poca confianza que merecen esos relojes solares que suelen venderse en las férias. Debieran, en primer lugar, estar contruidos expresamente para cada punto de la Tierra; condicion necesaria, ya por razon de las variaciones magnéticas, ya tambien por las medidas de los ángulos horarios, diferentes en todos los puntos que no están en un mismo paralelo. Además estas diferencias debe seguirlas el hilo que sirve de gnómon, debiendo éste acomodarse, en su ángulo indicador, á la altura de polo del mismo punto donde tenga que servir el reloj. Y para tener estas condiciones y otras que requiere la exactitud, debieran estar mejor fabricados que los que vulgarmente se conocen.

operacion. Esta se reduce á observar por la mañana y tarde el paso de la sombra de la punta del estilete ó gnómon por el arco B C—Lám. 1.^a,—ó por otro cualquiera de los que haya trazados en el plano.

En este momento débese tener á mano el reloj, ya dado la cuerda y puesto en marcha, y notar la hora que señale, aunque esté *léjos de la verdadera*. Al llegar otra vez el paso de la sombra por el mismo arco, que será por la tarde, mírese la hora que marca el mismo reloj, y tendrá ya el observador los datos suficientes para saber poner su reloj en hora. Todo aquí consiste en contar bien el tiempo transcurrido desde el paso de la mañana hasta el de la tarde, dividirlo por mitad, añadir esta á la hora que señalaba el reloj en la observacion de la mañana, y así quedará averiguada la hora que en punto de mediodía señalaba el reloj.

Para más claridad pondremos un ejemplo.

Supongamos que en la observacion de la mañana señalaba el reloj 8^h 32^m 20^s, y en la de la tarde 4^h 50^m 36^s:

Paso de la mañana á 8^h 32^m 20^s

El de la tarde á . . . 4^h 50^m 36^s

Intervalo transcurrido 8^h 18^m 16^s

Mitad.. . . . 4^h 9^m 8^s, que añadida á la

hora que el reloj señalaba por la mañana en el momento del paso de la sombra por el arco, da por resultado 12^h 41^m 28^s; hora que señalaba el reloj cuando estaba el Sol en mediodía.

Si hemos hallado, pues, que á la hora meridiana el reloj marcaba 12^h 41^m 28^s, no debiendo señalar más que las doce, es evidente que lleva un adelanto de 41^m 28^s, que sobran de las doce. Es decir, una vez averiguada la hora que el reloj marcaba á mediodía, ya no hay más que adelantarlo ó atrasarlo todo lo que faltaba ó sobraba para señalar las doce. Esta será la hora del Sol, á la cual habrá el observador puesto su reloj; y si quiere ponerlo á hora de T m., como corresponde al reloj, deberá acudir á las tablas de ecuacion que

hemos dado, y allí verá lo que tiene que adelantarlo ó atrasarlo para estar arreglado á tiempo igual ó medio.

El procedimiento que acabamos de describir para averiguar la hora tiene una razon semejante á la que sirve de fundamento para hallar la línea meridiana. Porque si para hallar esta línea se toman del Sol dos alturas *circunmeridianas* iguales, cuyo promedio en ese arco es el punto meridiano; así tambien, en dicho modo de averiguar la hora, se toman dos pasos del Sol *equidistantes* de mediodía, cuyo promedio en tiempo es para este objeto como el promedio en arco para hallar la línea meridiana.

CAPÍTULO V.

Curva de ecuacion.

Hemos creido oportuno dar aquí á conocer á nuestros amigos otra línea meridiana, por cierto muy diferente de la recta, pues es una curva bien sinuosa en sus extremidades, y nada regular en sus demas partes.

I.

Si el Sol diese su vuelta todos los dias en un mismo tiempo, es decir, si su aparente curso fuese isócrono, estaría éste muy bien indicado en la recta meridiana; pero sucede que en esta no se ve más que cuatro dias al año la coincidencia del punto meridiano del Sol con las doce del reloj: todos los demas dias el reloj señalará las doce ya antes, ya despues del paso de la sombra por dicha línea; y esto es propiamente lo que forma la curva que vamos á describir.

Las curvas de ecuacion son rarísimas aún, y están trazadas en plano horizontal. Su figura es tal cual regular y simétrica en sus lados; á diferencia de la que damos en la Lám. 2.^a, pues su irregularidad y sinuosidades la distinguen no poco de las horizontales.

Á fin de que nuestra curva pueda ser bien conocida vamos á explicar su uso, ya que tanto se distingue de los demas relojes solares. Á tal objeto, y para mejor claridad, la hemos dado toda la longitud que nos ha permitido una hoja de este librito; por eso el gnómon que le corresponde no cabe aquí. Su propio punto se hallaría en la recta, si esta se prolongase por su punto superior 30 milímetros. Á esta distancia del extremo superior de la recta debe fijarse el gnómon, sin inclinacion; pero con una declinacion, hácia el Sur, de 40° respecto del plano vertical.

Para colocarlo sin inclinacion bastará tener á mano un cartabon ó escuadra, acomodando un lado de su ángulo recto á la línea vertical del reloj, y con el otro lado del mismo ángulo se conseguirá facilmente que el gnómon quede sin inclinacion. La declinacion se hallará teniendo preparada una meridiana como la de la Lám. 1.^a: en el instante del paso de la sombra por esta meridiana debe quedar el gnómon de la otra señalando en la recta ó vertical; sencillo y excelente medio que sustituye con ventaja al *grafometro*, y aun á los mejores instrumentos modernos para medir ángulos.

Asi colocado el gnómon, la distancia desde su pié hasta la punta debe ser precisamente de 65 milímetros.

Bien podria colocarse otro gnómon que tambien fuera muy propio para este reloj; pero sucedería que los no acostumbrados á las operaciones de gnomónica tendrian que luchar con más dificultades para su colocacion. De todos modos puede el gnómon ser semejante á los ordinariamente conocidos, y puede tambien ser muy diferente, segun se quiera que señale con sombra, ó con luz. Si se quiere con sombra, servirá su punta unicamente; á diferencia de los de-

mas relojes, en los cuales el gnómon señala con toda su sombra. Si se desea que señale con luz, deberá ser una imagen del Sol la que, pasando por el agujero de una planchuela colocada en la extremidad del gnómon, bajará al plano horario para indicar cotidianamente, en su paso por la curva, las doce del reloj mecánico; asi como el paso de la misma luz por la recta coincidirá todos los dias con el paso del Sol por el meridiano.

II.

Segun lo expuesto, el modo de servirse de esta meridiana es poner el reloj á las doce, cualquier dia del año, al momento de señalar en la curva la sombra del gnómon; y si quiere saberse lo que discrepa el reloj vuélvase otro dia á observar lo mismo en la curva, y esta descubrirá el avance ó atraso del reloj: todo lo que éste señalare de más ó de ménos de las doce en dicho momento, será verdadera discrepancia. Es decir: esta curva indica siempre el tiempo igual, siendo su distancia á la recta la propia ecuacion; mientras que la recta no sirve para medir este tiempo sino con el auxilio de las tablas de ecuacion, como ya tenemos explicado.

III.

Fáltanos ahora advertir que es necesario fijarse bien en las letras iniciales de los meses correspondientes á ciertas partes de la curva, porque señalando el gnómon en ella dos veces todos los dias, no sabría el observador cual de las dos partes tomar para evitar el error, que muy notable fuera si tomara la una branca por la otra.

Empieza el año, como se ve solo mirando la Lám. 2.^a, en la parte superior donde hay la letra E. Sigue este mes curva

abajo hasta F, en cuyo punto entra Febrero, para salir en M., donde entra Marzo. Este llega hasta A., donde empieza Abril en esta parte de la curva, y termina en la otra; advirtiéndose que el punto donde corta á la recta corresponde al 15 de este mes, y es el primer día que coinciden los dos tiempos, medio y verdadero.

Estamos ya en la otra branca de la curva, donde encontramos á Mayo empezando su carrera. Viene despues Junio, el cual en su día 14 atraviesa la recta, siendo éste el día en que los dos tiempos se cruzan por segunda vez. Concluye este mes en el punto donde acaba la parte más sinuosa de la curva, entrando ya el mes de Julio, cuyo curso es curva arriba.

Llega luego Agosto, cuyo largo viaje no termina hasta el punto de interseccion de la curva con la recta; punto que corresponde al 31 de este mes, encontrándose por vez tercera ambos tiempos.

Entra Septiembre en el mismo punto en que la curva abandona á la recta, continuando hasta O., llegando éste muy cerca del extremo, donde empieza Noviembre para acabar luego su cortísima carrera. Semejante á éste es Diciembre, cuyo viaje por la curva termina no lejos de su punto de partida; y debe notarse que durante este mes vuelven á cruzarse las dos líneas, correspondiendo este punto al día 24, en que por última vez casi puede llamarse nula la diferencia entre los tiempos verdadero y medio.

Basta lo dicho para que cualquiera pueda entender el modo de servirse de esta curva; y aun realmente podrá hacer uso de esta meridiana quien sepa copiarla exactamente, no descuidando la colocacion del gnómon segun hemos descrito. El plano vertical donde el aficionado quiera trazar este reloj debe declinar al Occidente 40° , y la latitud del lugar debe rayar, como la de Lérida, á los $41^\circ 38'$. Es decir, puede esta curva servir para Lérida y demás puntos de la Tierra situados en el mismo paralelo que pasa por esta ciudad.

IV.

Creemos haber enterado á nuestros amigos de la utilidad de esta curva. Pero hemos añadido una curiosidad, la cual consiste en estar indicada en la misma la entrada del Sol en los signos del Zodíaco. (1) Pasemos, pues, á describir esta parte.

Empezando por Enero, se verá en su curso por la curva el signo de *Acuario*, que corresponde del 19 al 20 de este mes.

Entra luego Febrero, y el punto en que se halla *Piscis* indica la entrada del Sol en este signo, al rededor del día 18. Viene despues Marzo, y el punto de la entrada del Sol en *Aries* es del 20 al 21; siendo éste el equinoccio de primavera.

El signo de Abril, *Tauro*, está en la otra parte de la curva, y corresponde del 19 al 20. En Mayo entra el Sol en *Géminis* sobre el día 20-21.

Y habiendo ya llegado á Junio, advertimos que, para mas claridad, hacemos indicar su signo, *Cáncer*, á la recta y nó á la curva. De este modo, correspondiendo el signo al mismo extremo inferior de la recta, se conoce más de fijo el punto de entrada del Sol en él, que es el día 21; y se le llama *solsticio de verano*, ó tambien *trópico de Cáncer*. Este es el

(1) Mejor diríamos, *en los signos de la Ecliptica*. Porque si en antiguos tiempos veíase realmente entrar el Sol en los signos del Zodíaco en el mismo tiempo que predecían los astrónomos, no es así ahora que, por efecto del movimiento retrógrado de los puntos equinociales, no pasa ya el Sol por los mismos signos en el mismo tiempo que entonces. Así es que, cuando en un almanaque hallamos que en 19 de Abril entra el Sol en *Tauro*, no es en este signo del Zodíaco, sino en la constelacion *Aries* donde se halla el Sol en dicho día. Asimismo cuando vemos anunciado que en Septiembre entrará el Sol en *Libra*, debemos entender que en la fecha anunciada estará el Sol en los primeros grados de *Virgo*; y así de las demas constelaciones zodiacales.

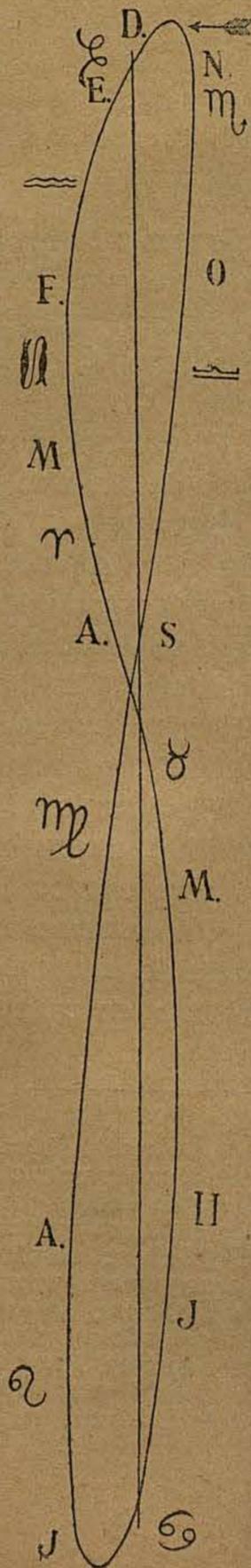
punto de máxima altura del Sol, la cual es distinta en cada punto de la tierra de desigual latitud: desde Lérida en dicho día vemos al Sol encumbrarse $71^{\circ} 49'$ sobre nuestro horizonte.

Tenemos ya recorrida la mitad de esa gran faja celeste llamada Zodiaco. Volvamos, pues, á empezar curva arriba, y luego nos hallaremos en *Leo*, del 22 al 23 de Julio; en *Virgo* sobre el 23 de Agosto, y en el punto equinoccial de otoño ó signo de *Libra*, del 22 al 23 de Septiembre. Sigue Octubre, y el Sol entra en *Escorpio* el 23; en Noviembre entra en *Sagitario* sobre el 22. Llega Diciembre, y del 21 al 22 de este mes el aparente viaje del Sol toca ya á su término, ó sea al *trópico de Capricornio*, signo solsticial de invierno. (1)

Queda ya explicada la segunda parte de nuestra curva; y advertimos que todo lo delineado en ella debe señalarlo el estilete ó gnómon solamente con la punta de su sombra, ó bien por medio de la imagen solar si se quisiere con luz, como antes hemos dicho.

Podíamos más fácilmente dar una curva para planos horizontales; pero no lo hemos hecho por ser estas ya conocidas, bien que de muy pocos, por ser aún rarísimas: hemos preferido presentarla de posición vertical, ideada y trazada por nosotros, dándola una declinación de 40° para más ensayo gnomónico.

(1) El primer punto de este signo está indicado en el vecino extremo de la recta; cuando el gnómon señala en él, sube el Sol sobre el horizonte de Lérida tan solo á la altura de $24^{\circ} 55'$.



CAPÍTULO VI.

De otras clases de relojes solares.

Hoy no se necesitan como en otros tiempos con todas las horas los relojes ó cuadrantes solares, por abundar mucho los relojes mecánicos: con solo uno de estos bien regulado se sabe hoy mejor la hora, y con mucha más exactitud, que los antiguos con todos sus relojes solares. Bien se ve la gran ventaja del reloj mecánico, atendiendo solamente á que éste siempre señala la hora, día y noche, con luz ó sin ella; mientras que el de Sol deja de marcar el tiempo ó las horas la mayor parte del año, sin contar los muchos días nublados. Pero por si acaso hubiese algun curioso que quisiese construir ó trazar un reloj solar con todas las horas posibles, vamos á explicar un método muy sencillo para que cualquiera pueda conseguirlo con facilidad. Con este medio podrá el aficionado trazar, no solo el reloj horizontal, enal construcción no varia mas que con latitud diferente, sino que además le será fácil conseguir lo mismo en un plano vertical, ó sea en una pared; solamente que por estos últimos entenderemos todos los meridionales, por ser los más útiles.

Es plano vertical meridional no solamente aquel que mira exactamente al Sur ó Mediodía, sino todos los que, declinando á Oriente ú Occidente, no llega su declinación á los 90° . O más claro: se llama meridional la pared que mira perfectamente á Mediodía; y meridional *declinante* la que declina menos de 90° á Oriente ú Occidente.

Será declinación oriental la de toda pared meridional que, desde primavera hasta otoño, estará iluminada por el Sol todos los días, antes de las 6 de la mañana; y tendrá declina

cion contraria, la pared meridional en la que diere la luz solar hasta pasadas las 6 de la tarde, todos los dias comprendidos dentro dichas estaciones.

Pasemos ya á la parte práctica.

I.

La pared donde queramos trazar el reloj, será meridional con declinacion, ó sin ella; lo cual importa muy poco, porque de todos modos el procedimiento es muy sencillo. Los dos ángulos que damos en la Lám. 3.^a servirán para conseguir el objeto, no solo en toda pared meridional, sino tambien en planos horizontales. (1) El ángulo para los horizontales es el B A C, y el B A D para los verticales.

Para trazar los verticales o de pared, se trazará en medio del plano, y en direccion tambien vertical, una línea, que será la de mediodia. Lo mismo se hará en cualquiera otro cuadrante meridional, sea ó nó declinante, y en todos ellos será esta la línea meridiana. La direccion de esta línea es muy fácil hallarla, solamente sirviéndose de una plomada como las que suelen usar los albañiles.

II.

Téngase presente que para trazar estos y cualesquiera otros relojes solares, es necesario tener preparada una meridiana como la de la Lam. 1.^a Con el auxilio de esta se logra-

(1) No se tomen los dos ángulos tal como se ven en la lámina, pues en esta figuran dos consecutivos B A C y C A D. Por no hacer otra lámina hemos interpuesto el ángulo B A C en el B A D, y para presentar la línea A C con la posible longitud hemos confundido expresamente los dos ángulos en un mismo vértice; de lo cual ninguna confusion puede resultar atendiendo solamente á que, para hacer uso del ángulo B A D, ningun obstáculo presenta la línea A C.

rá la exacta colocacion del gnómon, que es la operacion más delicada que hay que hacer.

El punto donde deberá clavarse la varilla metálica que debe ser el gnómon del reloj, será la parte superior de la línea vertical, en las paredes que están bien frente al Sur ó Mediodia; pero en todas las que declinen, sea á Oriente ó á Occidente, será mejor clavar el gnómon un poco más abajo de dicho punto de la vertical, pero siempre en la misma línea.

Para mejor inteligencia será muy del caso figurarse que la línea A B representa la vertical ó de mediodia, y A D el gnómon que en ella debe fijarse; advirtiendo que para su colocacion servirá muy bien un carton, madera, ó mejor una plancha de metal, cortada en ángulo como B A D.

De esta manera se obtendrá facilmente la exacta *inclinacion* del gnómon, sin mas trabajo que acomodar sobre la línea el lado A B de la plancha, y cuidando asimismo, al fijar el gnómon, que éste quede á lo largo A D de la misma.

Antes de dejar definitivamente asegurado el gnómon, será preciso pasar á observar en la meridiana (Lam. 1.^a) el instante en que esta señale mediodia: en este momento debe quedar el gnómon señalando tambien en la línea meridiana ó de mediodia, ó sea en la línea de las 12 del reloj en construccion.

Fijado el gnómon tal como acabamos de describir, está casi todo hecho, no obstante el no señalar aún este cuadrante mas que las 12 ó mediodia.

III.

Ahora, la parte que por otros medios daría mas qué hacer, que es el señalar las demás horas, será la más fácil con nuestro método. Bastará tener á la vista un péndulo, ó tambien un reloj de bolsillo bien regulado, ponerlo á las 12 en punto cuando el gnómon de este reloj señale mediodia, é ir despues marcando cada línea horaria á lo largo de la sombra del estilete ó gnómon en el plano, asi que el reloj mecánico

vaya señalando las horas. Esto debe hacerse en dos dias consecutivos: el primer dia se señalarán las horas de la tarde, y al siguiente las que á su mañana correspondan. (1)

Será ventajoso construir el reloj solar en verano, pues que en esta estacion se podrá trazar con todas las horas que le sea posible señalar; lo cual no podria lograrse con este método en otras estaciones, por razon de salir todos los dias el Sol despues de la hora que en otra estacion podria empezar el cuadrante á señalar, ó llegaria tambien el Sol á su ocaso, dejando por marcar alguna hora de la tarde.

En cuanto á la longitud de la línea A D, ó sea la largura del gnómon, no tiene importancia alguna para la exactitud del reloj; tiénela toda, eso sí, la abertura ó ángulo que forman las dos líneas B D, y cuyo vértice está en A. Sin embargo, puede cortarse el gnómon de manera que en verano llegue su sombra debajo del cuadrante, para que en invierno no resulte muy corta.

IV.

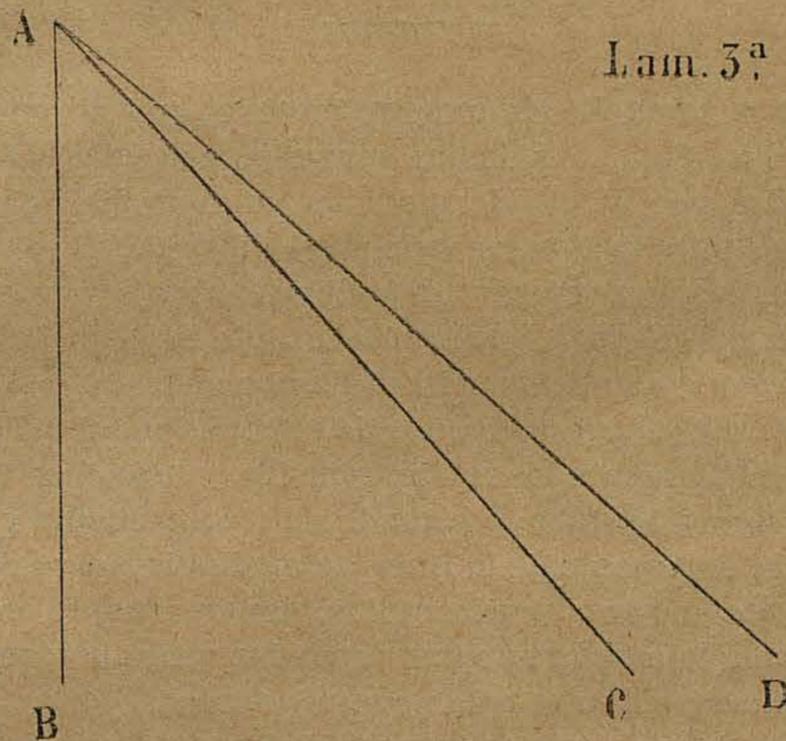
De un modo semejante, pero con alguna diferencia, pueden trazarse los relojes horizontales. Para estos servirá el ángulo B A C, y el gnómon deberá ser una planchuela cortada segun la misma abertura de este ángulo. Esta planchilla se fijará cerca del extremo del cuadrante, de manera que el lado A B quede sobre la línea previamente trazada sobre el plano horizontal. Ó más claro: el vértice A de este ángulo, (Lám. 3.^a) ó sea este punto de la plancha, debe quedar fijo en el punto A (Lam. 1.^a).

Para asegurar ó fijar bien el gnómon será conveniente, al cortarlo, dejar debajo del lado inferior A B un trozo sobrante

(1) No se entienda que con este método caemos en el grosero error de aquellos que para trazar el reloj solar se sirven *solamente* del reloj mecánico: para practicarlo así fuera menester ignorar que una máquina no puede ser el tiempo, sino tan sólo un instrumento para medirlo.

de la misma plancha, para que le sirva de pié en la abertura de la piedra ó ladrillo.

Fijado así el gnómon, se colocará el cuadrante sobre un plano horizontal; y para orientar bien el reloj será preciso



servirse de una línea meridiana. Ya no háy necesidad de explicar el procedimiento: debe el nuevo reloj señalar mediodia en el instante en que lo marque la meridiana.

Para trazar las demas horas, podrá hacerse del mismo modo que en los verticales.

El gnómon puede tambien ser, como el de los verticales, tan corto ó largo como se quiera; pero estará bien cortado de manera que la longitud del lado A C sea poco más de la mitad de la línea de mediodia del mismo cuadrante.

Preciso es advertir que estos ángulos servirán para estiletos ó gnómones en Lérida y demas puntos de la tierra cuya altura de polo sea igual á la de esta ciudad; y en cuanto á los demás puntos fuera de la capital, pero en la misma provincia, podrán tambien servir los mismos ángulos, con tal que

desde Tremp y demás puntos de su misma latitud, hasta el Pirineo, se tenga la precaucion de cerrar medio grado el ángulo del gnómon para los verticales, y abrirlo igualmente para los horizontales.

Tenemos ya explicado nuestro método, que no puede ser mas sencillo. Todos los demás consisten en reglas solamente practicables por medio de medidas angulares; y con tales medidas es muy fácil errar mucho, si no se tiene un cuidado grande en las engorrosas operaciones que hay que hacer. Más fácil, más seguro, y aún más propio es hacerlo *cronométricamente*, ya que de medir el tiempo se trata. (1)

Con las reglas que acabamos de exponer podrá cualquiera trazar acertadamente los relojes solares, y usar bien los mecánicos. Méenos bastaba; porque lo más conveniente y exacto es servirse solamente de la línea de mediodia, tanto en el reloj vertical como en el horizontal, teniendo siempre en cuenta la ecuacion de tiempo, como repetidas veces hemos dicho.

Permitasenos ahora, como complemento de este trabajo, ocuparnos de un error vulgar, el cual consiste en creer que se pueden facilmente regular los relojes por medio del orto y ocaso de los astros: error es este capaz de causar la desconfianza aún acerca de los mejores relojes.

En el siguiente capítulo veremos en qué consisten los inconvenientes y grandes inexactitudes que trae consigo ese método de regularizacion.

(1) No se nos objete diciendo que no es tan propio como parece, porque uno es el tiempo medido por el Sol, y otro el que mide el reloj mecánico. Esto nada importa, pues que de la tarde de un día á la mañana del siguiente, la diferencia entre los dos tiempos consiste siempre tan solo *en segundos*; y aun esta insignificante diferencia podria corregirse por medio de las tablas de ecuacion. Tratándose de relojes solares no se necesitan tales escrúpulos; pues es menester no ignorar que estos relojes, si son bien acabados, pueden llegar á señalar el tiempo *al minuto*, pero nó *al segundo*.

CAPÍTULO VII.

Orto y ocaso de los astros.

I.

Efecto es del movimiento de rotacion de la Tierra sobre su eje, lo que llamamos salir y ponerse los astros. Esto sucede de continuo en todos los puntos de la tierra, menos en los polos, porque desde estos se ve siempre, constantemente, la misma mitad del cielo.

Decimos que un astro nace ó sale cuando aparece en nuestro horizonte; y que se pone, cuando en la parte opuesta del mismo se le ve desaparecer.

Entiéndese vulgarmente por horizonte esa pequeña parte de la Tierra que, con una mirada en derredor nuestro, podemos descubrir; y se le llama *horizonte visible*. Pero hay debajo del horizonte visible, otro horizonte llamado *racional ó geocéntrico*, y su plano, que pasa por el centro de la tierra, es en todas partes paralelo al horizonte visible. Estos dos horizontes, por razon de ser esférica la superficie de la tierra, son diferentes en cada punto de ella.

El horizonte geocéntrico dista del visible un radio terrestre, por cuya razon no podemos descubrirlo sino en la esfera celeste. Á este horizonte, y no al visible, es al que se refieren los almanaques al darnos las horas de salir y ponerse el Sol y la Luna. Asi cuando dicen, por ejemplo, *sale el Sol á las 5 h. y 58 m.*, debe entenderse que entónces se halla el centro del Sol en el horizonte geocéntrico, pasando del hemisferio inferior al superior ó visible.

Además, si el almanaque está arreglado, por ejemplo, al meridiano de Barcelona, sus horas de orto y ocaso de los as-

tros servirán para aquella ciudad y demas puntos de su paralelo; pero de ninguna manera para otros lugares de diferente latitud. Y aún en los mismos puntos de igual latitud, para los cuales sirve la misma hora indicada en el calendario, verán unos pueblos salir y ponerse los astros en hora tan diferente de otros, cuanta sea la irregularidad de los límites oriental y occidental de cada horizonte visible, respecto de su geocéntrico.

De aqui resulta el más grande error en los que pretenden que la hora de orto ú ocaso de un astro, visto desde su pueblo, es la misma que ven en el almanaque; siendo asi que la diferencia puede ser muy grande, aun en el mismo paralelo.

Las irregularidades orientales y occidentales de los horizontes visibles, respecto de sus geocéntricos, son la causa que más puede inducir á error á los que pretenden saber las horas de salir y ponerse los astros; y es tal la dificultad, que para resolverla fuera menester (sobre todo en pueblos situados entre montañas) instalarse en cada lugar un astrónomo para conocer bien las irregularidades de su horizonte, y poder así calcular las horas de orto y ocaso de los astros.

Por eso los astrónomos cuidan muy bien, acerca de esto, de distinguir entre lo aparente y lo verdadero, por la gran diferencia que puede haber entre los límites del horizonte visible y el geocéntrico. Y aun cuando por esta parte desapareciese toda dificultad, debiera el observador saber á cual de los dos tiempos se refiere el almanaque, pues que no sabiendo esto podría errar nó poco tomando un tiempo por otro.

II.

Veamos ahora otra dificultad, la cual consiste en lo que se llama *refraccion de la luz*.

Es cierto que el movimiento de la luz es rectilíneo; pero sucede que al llegar á nuestra atmósfera, y tener que atrave-

sar medios de diferente densidad, sufren los rayos de luz un desvío; en cuyo caso dejan de venir hácia nosotros en línea recta, trazando en su curso una línea tanto más oblicua, cuanto sean más densas, y por consiguiente más refringentes las capas atmosféricas. De lo cual resulta que cabalmente en las horas de salir y ponerse los astros es cuando nos viene su luz más refractada; pues que la máxima refracción es la horizontal, la cual va disminuyendo asi que va aumentando la altura del astro, hasta que al llegar éste en el zénit la refracción es nula. Y como este desvío de la luz nos presenta al astro en diferente punto del que en realidad se halla, es decir, á mayor altura, resulta de esto que la refracción anticipa el orto de los astros y retarda su ocaso; de lo cual se sigue tambien el ver al Sol más tiempo sobre el horizonte, ó lo que es lo mismo, tener los dias más largos, y más cortas las noches.

Esta influencia de la refracción no es siempre la misma, pues varía segun la densidad atmosférica, épocas del año, y diferentes latitudes. (1)

Deben, por consiguiente, aplicarse en cada paralelo las correcciones convenientes á las horas de salir y ponerse los astros.

Concluyamos, pues, en vista de estas dificultades (sin otras que hemos omitido) que para regular los relojes no puede regir el orto ú ocaso de los astros.

De todo lo hasta aqui dicho sobre el tiempo puede deducirse que el mejor regulador de los relojes es el paso del Sol por el meridiano, teniendo siempre en cuenta la ecuación.

(1) En el paralelo de Lérida la refracción y semidiámetro aumentan más de 10^m los dias solsticiales, y unos 9^m los dias medios ó equinociales.

A los 65° de latitud dichas causas aumentan casi una hora los dias más largos.

Pero se nos ocurre en esto un inconveniente, que seguramente para muchos será muy grande, y es, el no poder observar el paso del Sol por el meridiano. Porque no son pocos los que, por razón de sus ocupaciones, no pueden estar en su casa á mediodía; y otros aunque estén no pueden hacer la observacion, por no serles posible trazar en su habitacion una línea meridiana. Á unos y á otros vamos á dar otro medio muy seguro para regular sus relojes: el curso de las estrellas es este medio, por cierto muy excelente, pues por sí solo, sin tablas de ecuacion, sirve con toda exactitud.

CAPÍTULO VIII.

Tiempo Sidéreo.

Así llaman los astrónomos, por referirse á las estrellas, al tiempo de que muy brevemente vamos á tratar.

Es muy distinto de los tiempos medidos por el Sol, la Luna y los planetas, el que miden las estrellas: el aparente curso de estas es siempre igual, perfectamente uniforme; mientras que el Sol, los planetas y mucho mas la Luna, varían en sus tiempos.

Conviene, pues, distinguir bien el dia sidéreo del dia solar: éste es el intervalo que media entre dos pasos consecutivos del Sol por un meridiano, resultando sucesivamente estos intervalos ó dias desiguales entre sí; y el dia sidéreo consiste en una de esas aparentes vueltas de cualquiera estrella alrededor de la tierra, efectuándose su curso con perfecta uniformidad.

Solamente en lo que el dia sidéreo es semejante al solar es en no tener un solo origen ó principio, pues cada estrella

puede ser origen del dia sidéreo en cada meridiano. Por eso los astrónomos, necesitando fijar un punto de origen comun al tiempo sidéreo, convinieron en que fuese el equinoccio de primavera (primer punto de *Áries*); y este es, por decirlo así, el primer meridiano celeste para todos los astrónomos, y el punto comun de las longitudes y ascensiones rectas de los astros. (1) Mas esto importa poco á nuestro objeto: lo que necesitamos es conocer bien el tiempo sidéreo en sí, y en sus relaciones con el tiempo solar medio y con el verdadero.

I.

Imposible es establecer una relacion constante entre el tiempo sidéreo y el solar verdadero. Para convencerse de ello basta considerar que el primero es siempre igual, constantemente uniforme; mientras que el otro es una continua variacion. Esto es: equivaliendo el dia sidéreo á una vuelta exacta de la tierra sobre su eje, en movimiento uniforme, claro está que los dias sidéreos serán iguales entre sí; pero consistiendo el dia solar en esta misma rotacion más el movimiento variable de la tierra en su órbita, necesariamente debe resultar desigualdad entre los dias solares.

Segun esto, llamando R á la rotacion terrestre, y A á la ascension recta del Sol, ó arco de eclíptica descrito por la tierra, tendremos:

$$\begin{aligned} \text{Dia sidéreo} &= R^t \\ \text{Dia solar} &= R^t + A^v. \end{aligned}$$

Esto es, que la diferencia del dia sidéreo al solar verdadero es siempre igual al movimiento diario del Sol en ascen-

(1) Longitud de un astro es el arco de Eclíptica contado desde el punto equinoccial de primavera, de Occidente á Oriente, hasta el máximo que pasa por dicho astro; y la ascension recta parte del mismo punto, pero se cuenta en arco de Ecuador.

sion recta, y por esto, siendo dicha ascension variable debe serlo tambien la diferencia entre los dos dias; resultando además no poder servir bien el tiempo solar verdadero para dar la medida exacta y constante del dia sidéreo.

En vista de dificultad tan grande acudieron los astrónomos al tiempo solar medio, que ya hemos dado á conocer á nuestros amigos. Este sirve perfectamente, por su uniformidad, y puede considerársele como una medida de inalterable relacion con el tiempo sidéreo, *aunque de diferente longitud*: el dia medio es más largo que el sidéreo.

Dividen los astrónomos el dia sidéreo, como el dia medio, en 24 partes llamadas horas; cada hora en 60^m, etc.; esto es, se componen los dos dias de igual número de partes, pero de desigual duracion.

Y claro está que siendo ambos dias, medio y sidéreo, desiguales en duracion, *en cantidad*, y componiéndose de igual número *de unidades*, divisiones y subdivisiones, deberán tambien estas ser diferentes en los dos dias respectivamente. Así resultará que, equivaliendo el dia sidéreo á 23^h 56^m 4^s 0906 de tiempo medio, la hora sidérea constará de 59^m 50^s, 1704; el minuto sidéreo se compondrá de 0^m 59^s, 8362 de tiempo medio, y el segundo sidéreo será igual á 0^s, 9973. (1)

II.

Veamos ahora como lo arreglaron los astrónomos para hallar una ascension recta uniforme, y por ella la relacion constante entre estos dos tiempos, ya que con la ascension recta verdadera no les fué posible.

Para esto, teniendo en cuenta el movimiento ánuo retrógrado de los puntos equinocciales, dividieron 360° por el

(1) Todas estas fracciones son diezmilésimas de segundo.

tiempo que emplea la tierra en recorrer su órbita; y así hallaron que el movimiento diario *en ascension recta igual* era de 59'8"33. A esta cantidad en arco la llamaron *ascension recta media*; quedando bien conocida la diferencia constante del dia medio al sidéreo, y expresándose así:

$$\text{Dia sidéreo} = R.^\dagger$$

$$\text{Dia medio} = R.^\dagger + 59'8''33.$$

Esto es, que si el dia sidéreo equivale á una rotacion terrestre, el dia medio es tambien igual á ella más un arco de 59'8"33. Y este mismo arco es exactamente igual á la *aceleracion* diaria de las estrellas respecto del sol medio; ó lo que es lo mismo, la cantidad en que todos los dias *anticipan* las estrellas su paso por cualquier meridiano, respecto del tiempo medio.

Conforme á esto, si queremos expresar en tiempo el arco que forma el exceso del dia medio sobre el sidéreo, tendremos:

$$360^\circ \dots 59' 8'', 33 : 24^h m. : : 59' .. 8'', 33 : x^h m.$$

$$x = 3^m .. 55^s, 91 \text{ de } T^m.$$

Con lo cual vemos ya dada en tiempo medio la aceleracion diaria de las estrellas, que es el espacio igual á la diferencia entre el dia medio y el sidéreo.

Esto es lo que más importa saber para las observaciones: medir en tiempo medio la aceleracion del tiempo sidéreo.

Y por sí algun curioso quisiera saber esta misma aceleracion expresada en tiempo sidéreo, es de 3^m 56^s 55. Esta, aunque no necesita saberse para el uso comun ó vulgar, se demuestra así:

$$360^\circ \dots 24^h s. : : 59' .. 8'', 33 : x^h s.$$

$$\text{de donde } x = 3^m .. 56^s, 55 \text{ de } T^s.$$

De todo lo cual resultan las siguientes relaciones:

$$24^h \text{ sidéreas} = 24^h \text{ medias} - 3^m 55^s, 91 \text{ de tiempo medio.}$$

$$24^h \text{ medias} = 24^h \text{ sidéreas} + 3^m 56^s, 55 \text{ de tiempo sidéreo.}$$

Quedando ya demostrada la aceleracion de las estrellas, dada en ambos tiempos *al centésimo de segundo*.

Se deduce tambien de los mismos elementos la duracion del dia sidéreo, que es en tiempo medio $23^h 56^m 4^s, 09$; ó si se quiere nó ya al centésimo de segundo, sino *al diezmilésimo* es la fraccion 0906.

De la misma teoría se infiere tambien que el tiempo sidéreo es el tiempo fundamental, (1) aunque su medida no se vulgarmente conocida: por eso se toma esta medida del tiempo solar medio, que todo el mundo conoce.

III.

Para conseguir que un reloj, regulado al tiempo medio siguiese el mismo curso del tiempo sidéreo, no habría más que subir la lenteja de la péndola si fuera de pared, ó tocar la aguja del registro si fuese de bolsillo, hasta tanto que adelantara en un dia la cantidad igual á la aceleracion de las estrellas.

Pero la mayor utilidad del tiempo sidéreo no consiste en hacer que los relojes señalen este mismo tiempo: en lo que magnificamente presta gran servicio es en poder regular la marcha del reloj, sin que éste señale otro tiempo que el mismo á que viene destinado.

Veamos como se arregla pasando de la teoria á la

(1) Asi lo llaman los astrónomos, y con razon, por ser éste el único movimiento isócrono que el hombre puede observar (facilmente á lo menos) en la naturaleza; movimiento admirable por su constante uniformidad.

Y á propósito de esto advertimos que si bien al tratar de la regularizacion de los relojes usamos las palabras *isocronismo, uniformidad, exactitud*, etc., no pretendemos que nada de esto se entienda en absoluto: en este sentido no existe movimiento alguno que sea obra del arte. Solamente en la naturaleza se ven movimientos perfectamente uniformes como el de rotacion de la Tierra, y aún de vários cuerpos celestes; tales movimientos no deben su existencia á la débil mano del hombre, sino tan solo al formidable impulso de la omnipotencia de Dios.

PRÁCTICA.

Toda se reduce á observar el paso de una estrella por el meridiano ú otro punto, (como más adelante diremos), y en el mismo momento notar qué hora señala el reloj. Nada importa que esta hora sea una ó sea otra; lo que conviene es notarla bien, sea la que fuere. Asi podrá el observador servirse del reloj para sus usos, teniéndolo puesto en hora conforme al tiempo solar medio, y con el tiempo sidéreo ó nocturno lo regulará al tiempo medio ó diurno.

Para estas observaciones sirve muy bien el telescopio; mas hallándose este instrumento en muy pocas manos no puede generalmente contarse con él. Un cañoncito de lata, por ejemplo, ó de otro metal, puede sustituir al telescopio en esta clase de observaciones, formando con dos cabellos, hilos ó alambres muy delgados, una cruz en uno de sus extremos, de manera que los dos hilos se crucen en ángulos rectos en el centro del cañon. La otra boca del cañon es mejor taparla, habriendo despues un agujerito en el centro.

Hecho esto asegúrese el instrumento en una ventana ú otro lugar á propósito para la observacion, dejándolo de manera que no sea el extremo donde tenga la cruz el que venga al ojo del observador, sino la parte opuesta; y acomodándolo de modo que la estrella, cuyo curso se quiera observar, pase por el centro de la cruz. (1)

Dispuesto ya el instrumento, no hay mas que observar el paso de la estrella por el centro de la cruz, y notar al mismo instante la hora que señale el reloj, al segundo si puede ser. Vuélvase al dia siguiente un poco antes de la hora del dia anterior, y el paso de la misma estrella será, nó á la misma hora de la primera observacion, esto es, nó á las 24 horas, sino á las $23^h, 56^m, 4^s, 09$: todo lo que el reloj adelantare ó atrasare de esta hora, será verdadera discrepancia.

(1) Advertimos que para esto se presta más la parte meridiana (ó la opuesta) que las demás.

Para mayor facilidad en el uso comun será mejor suprimir los segundos y la fraccion, y de este modo podrá contarse *en redondo* que la aceleracion de las estrellas respecto al tiempo medio es de 10 segundos por hora, 1 minuto cada hora, 4 minutos por dia, y una hora cada 15 dias.

Cuando se trata de un cronómetro ó regulador, y nó de un reloj de uso ordinario, débense tener en cuenta los segundos y fracciones con toda escrupulosidad.

Si el reloj que el observador quiere regular discrepa mucho, podrá esto muy bien notarse en un solo dia; pero cuando la diferencia fuere poca será mejor dejar que pasen unos dias desde la primera á la segunda observacion.

Estas mismas observaciones pueden hacerse sin necesidad de ningun instrumento. Uno de los mejores medios consiste en observar las ocultaciones de estrellas detrás de un edificio, de una montaña vecina, etc.; solo que, para evitar en lo posible el error que podria resultar al observar la ocultacion de una estrella, conviene tener arrimada la cabeza en el mismo punto y del mismo modo en cada observacion. (1)

De todos modos todas estas observaciones vienen al mismo objeto, que es: contar lo más exactamente posible el tiempo de una de esas vueltas que cualquiera estrella aparenta dar alrededor de la tierra.

Pero procédase como se quiera en cuanto al modo ó medios para la observacion, advertimos que no deben olvidarse las siguientes

PRECAUCIONES.

1.^a En primer lugar será necesario fijarse bien en la estrella elegida para la primera observacion, pues que resultaria grande error sino se observára cada vez la misma.

(1) Esta misma ciudad de Lérida posee excelentes puntos para estas observaciones: la mayor parte de la ciudad puede muy comodamente servirse de las ocultaciones de estrellas circumpolares detrás de la famosa Catedral antigua, y de su magnífica torre.

Para conocer bien una estrella es muy del caso elegirla de uno de esos grupos llamados *constelaciones*, tan magestuosamente ordenadas en los cielos. Y aunque para estas observaciones pueda servir cualquiera estrella, es preferible fijarse en las de primera ó de segunda magnitud, por ser más fácil distinguirlas y observarlas que las que son ó *aparentan ser* mas pequeñas.

2.^a Hemos dicho que es necesario observar cada vez la misma estrella, y asi debe ser; pero si el número de observaciones se prolongase mucho sucederia que la estrella, por la aceleracion de su curso respecto del Sol, pasaria ya antes de la noche; lo cual impediria continuar las observaciones con la misma estrella. Este caso debe prevenirse con tiempo, terminando la observacion de la estrella antes que pase de dia, y empezándola con otra, cuanto más de noche mejor, para que pueda servir por más tiempo.

3.^a Se pondrá especial cuidado en no confundir una estrella con un planeta, sobre todo cuando se observen las de la region zodiacal, que es donde más puede engañarse el observador. Los planetas tienen sus movimientos de traslacion en tiempos desiguales, y sus irregularidades aumentan respecto de la tierra, por hallarse esta en un punto muy excéntrico á sus órbitas. (1)

Para distinguir los planetas de las estrellas no se necesita telescopio: basta mirarlos bien fijo á simple vista, y se observará que su luz está quieta; mientras que la de las estrellas está siempre en movimiento, *centellante*.

(1) Observados los planetas desde el Sol se les veria trazar sus órbitas al rededor de él, por ser su centro; pero vistos desde la tierra presentan sus periodos de movimientos directo, estacionario y retrógrado: todo lo cual, combinado con el movimiento de traslacion de la tierra, produce irregularidades y dificultades para las observaciones encaminadas á la medida del tiempo.

CAPÍTULO IX.

Efemérides lunares.

Diremos algo sobre las variaciones de la Luna, por mas que no sea necesario por ser ya sabidas de todo el mundo; pero sucede que vulgarmente no son conocidas con exactitud, y por esto nos ha parecido conveniente hablar de los movimientos lunares, bien que tan solo de los relativos á nuestro objeto, que es la medida del tiempo.

I.

En primer lugar debe entenderse que la Luna está animada de un movimiento de traslacion de Occidente á Oriente, siendo esta la causa del retardo diario en sus pasos sucesivos por un meridiano cualquiera; y la irregularidad de dicho movimiento de traslacion es tambien la razon de las desigualdades de los retardos entre sí.

El tiempo que la Luna emplea en andar su órbita, ó sea en una vuelta entera al rededor de la tierra, es en tiempo medio solar 27 dias, 7 horas, 43 minutos, 11 segundos y $\frac{1}{2}$.

II.

Otro período hay que notar en este mismo movimiento de traslacion, y es, el tiempo que media entre dos novilunios consecutivos. Llámase á este período *mes sinódico*, ó tambien *mes lunar*, por tener lugar durante él todas las fases de la

Luna. Estos meses son desiguales, y su duracion *media* es, segun los astrónomos, de 29 dias, 12 horas, 44 minutos, 2 segundos y 9 décimos.

Esta cantidad de tiempo es como una igualacion de los meses lunares, que seria real ó efectiva si estos períodos se efectuasen con movimiento uniforme.

Pero si estos meses son desiguales, hay que notar que los períodos lunares llamados *sidéreos*, (1) de que ya hemos hablado, no obstante las irregularidades del movimiento de la Luna en su órbita, son siempre iguales; lo cual equivale á decir que son irregulares ó desiguales *en las partes*, pero constantemente iguales *en el todo*. Tanto es así, que no habria dificultad alguna en regular los relojes por estos períodos lunares, si se poseyeran buenos instrumentos.

III.

Volvamos ahora al mes sinódico, porque tambien hay en él algo que interesa á nuestro objeto.

Estos meses lunares son, como antes hemos dicho, desiguales en duracion; y no obstante hay que notar en ellos una igualdad, que consiste en la suma de los retardos de la Luna en sus pasos por el meridiano. Esto es: la Luna retarda diariamente su paso respecto á un punto cualquiera de la Tierra, siendo estos retardos muy desiguales entre sí; pero sucede que en una lunacion entera, la suma de los diarios y desiguales retardos es constantemente de 24 horas. Es decir, entre tanta irregularidad, tantas desigualdades, y tantas variaciones de movimiento, resulta al fin la igualdad en el total de dichos retardos.

Hay acerca de estos retardos de la Luna un error muy ge-

(1) Llámase así á esta revolucion lunar, por corresponder siempre la Luna, al terminar su vuelta, á un mismo punto del cielo.

neral, que consiste en creer que son siempre iguales (siendo así que casi no lo son nunca) y que su justa medida es diariamente $\frac{3}{4}$ de hora. Si así fuese, verdaderamente serviría á maravilla ese movimiento angular de la Luna, para regular los relojes; pero nada más fácil que probar tal error: bastará observar tres ó cuatro pasos consecutivos de la Luna por un meridiano, contando por medio de un buen reloj el tiempo que transcurre del uno al otro paso, y se convencerá cualquiera de la desigualdad que entre ellos existe.

Hay también que observar que por componer los retardos de la Luna 24 horas en cada lunacion, resulta pasar ese astro una vez ménos que el Sol por un meridiano; y puede añadirse que, si se atiende á la duracion del mes sinódico, se hallará que los pasos de la Luna por un meridiano durante ese período son 28, 53, lo cual equivale á 28, 53 dias lunares: (algo mas de 28 y $\frac{1}{2}$.)

Luego, si cada mes sinódico equivale á 28, 53 pasos de la Luna, y por otra parte la suma de los retardos es de 24 horas en cada lunacion, facilmente se deduce:

$$\frac{24}{28, 53} = 50^m 5.$$

Con lo cual se ve que si ese movimiento de traslacion de la Luna fuese uniforme, cada uno de sus diarios retardos equivaldria á 50 minutos y $\frac{1}{2}$; quedando también demostrado que, aun suponiendo efectiva esa regularidad, *discreparian* ó errarian 5 minutos y $\frac{1}{2}$ por dia los que creen que la Luna retarda constantemente su paso $\frac{3}{4}$ de hora.

Pero es lo cierto que dicho movimiento no es uniforme; y de esto muchas veces resulta todavía más error en los que están con sus $\frac{3}{4}$ de hora. Es decir, unas veces errarán de más, otras de ménos, y contado por igual *adelantarán* 5 minutos y $\frac{1}{2}$ por dia. Esto último lo tenemos ya demostrado; y para probar lo primero bastará citar *al minuto* cuatro pasos de la Luna por nuestro meridiano,

En 9 de Enero de 1889 el paso de la Luna por el meridiano de Lérida fué

á 6^h 33^m de la tarde (tiempo medio)
 Paso del 10. á 7^h 16^m
 Retardo. 0^h 43^m.

Ya tenemos que fué ménos de $\frac{3}{4}$ de hora el tiempo que la Luna empleó entre dos pasos consecutivos por nuestro meridiano.

Pero la marcadísima diferencia se halla entre otros dos pasos del mismo astro, efectuados en Diciembre del citado año:

Paso de la Luna por nuestro meridiano en 22 de Diciembre
 á 11^h 56^m mañana (tiempo medio.)
 Paso del 23. á 1^h 2^m tarde
 Retardo. 1^h 6^m.

Lo cual parece que excede *un poco* á $\frac{3}{4}$ de hora.

Creemos que no hay necesidad de citar más pasos de dicho astro para demostrar la muy variable desigualdad de su movimiento de traslacion.

Siendo, pues, solamente el período lunar *sidéreo* el que puede servirnos para medir el tiempo, y aun nó sin mucha dificultad, concluyamos: que lo mejor será no contar con la Luna para regular los relojes. (1) El Sol con las tablas de ecuacion, un buen péndulo arreglado á T.^m, ó bien las estrellas segun acabamos de explicar en el *Tiempo sidéreo*, son los mejores reguladores.

(1) Existen unos aparatos cosmográficos con los cuales se demuestran muy facilmente las efemérides astronómicas. Tal vez el moderno cosmógrafo que *Leon Girod* fabrica en Morbier (Jurá) sea el más propio para demostrar muchas de estas efemérides; las que vamos á apuntar por si algun curioso quisiere poseer dicho instrumento.

Demostraciones: Movimiento de rotacion de la Tierra sobre su eje.—Movimiento de traslacion de la misma al rededor del Sol.—Sucesion del dia y de la noche.—Causas de la desigualdad de los dias y de las noches.—Círculos polares.—Trópicos.—Estaciones.—Variacion de la distancia

CAPÍTULO X.

De las máquinas de medir el tiempo.—Causas que influyen en sus variaciones.

La exactitud del reloj depende más de la construcción que de las demás causas que tienden á perturbar su marcha. Un reloj construido con todas las reglas y principios mecánicos que nuestro arte prescribe, será el que más se aproximará á la exactitud; mas este mismo reloj estará también sujeto á ciertas causas perturbadoras que no es posible evitar del todo, como son: la trepidación de la rápida marcha de los trenes; los bruscos vaivenes de los carruajes de caballerías; el trote del caballo; los diferentes choques y sacudidas á que está expuesto continuamente; la resistencia del aire sobre el volante; la humedad, el polvo, y en fin la temperatura con sus cambios más ó menos frecuentes, causa constante y poderosa que tanto ha dado qué hacer á los más hábiles relojeros, como á los físicos más distinguidos. Algunas de estas causas, que en ciertos casos pueden obrar simultáneamente y en otros por separado, ocasionan en los relojes, sobre todo en los medianos é inferiores, alteraciones considerables. Es-

del Sol á la Tierra.—Perigeo y apogeo.—Oblicuidad de la eclíptica.—Zodiaco.—Diferencia entre el día sidéreo y el solar *verdadero*.—Año sidéreo.—Año trópico.—¿Porqué á las mismas horas no vemos constantemente las mismas constelaciones?—Crepúsculos.—Variación de la ascension recta y declinación del Sol.—Calcular la hora de cualquier punto de la Tierra.—*Efemérides lunares*: Movimiento *propio* de la Luna.—Órbita elíptica y su inclinación sobre el plano de la eclíptica.—Nodos.—Perigeo y apogeo.—Conjunción y oposición.—Cuadrantes.—Período sidéreo.—Período sinódico.—Círculo de iluminación.—Fases.—Luz opaca.—Rotación lunar.—El día y la noche en la Luna.—Libraciones.—Eclipses.

Tanta abundancia de problemas como se resuelven fácilmente por medio de tan rico instrumento, prueba su utilidad y precisión.

tas son las causas exteriores, algunas de las cuales no influyen por igual en todos los relojes, siendo casi nula su acción en las máquinas construidas con esmero.

Pero nada hay que trastorne tanto al reloj como los defectos ó vicios de construcción. Cuando están mal fabricados los engranamientos y se han empleado metales de mala calidad, ó el peso del volante ó regulador es excesivo y desproporcionado á la fuerza que le mueve; cuando las ruedas son demasiado pesadas y sus ejes demasiado gruesos, dando esto lugar á algunos inconvenientes, como á un aumento considerable de roce ó frotamiento en los engranajes; cuando éstos están mal contruidos ó poco ajustados y se pierde paulatinamente la fuerza motriz en las caídas de diente á diente, ó el escape no fué construido con las debidas reglas y precauciones, dando por resultado las desigualdades en los arcos que describe el regulador; cuando, en fin, el reloj está plagado de los defectos que acabamos de enumerar, y de otros que hemos omitido, todo él es un defecto, ó un defecto el conjunto.

Hemos dicho que la temperatura influye en la marcha de los relojes. Sabido es que el calor dilata los cuerpos y que el frío los contrae: por efecto del calor, pues, se dilatarán el volante y el resorte espiral. Al dilatarse el muelle espiral pierde en fuerza y obra con ménos energía sobre el volante ó regulador. La mayor extensión del volante y la debilidad del resorte espiral darán cierta lentitud á las oscilaciones, retendrán más tiempo parados los dientes de la rueda de escape y se producirá de esta manera el retardo consiguiente.

La regularidad del reloj puede ser alterada por el temperamento del que lo usa. Hemos observado en relojes bien contruidos y que han marchado regularmente en el bolsillo de personas ancianas, sufrir despues una diferencia notable al pasar al bolsillo de un hombre robusto y jóven. Y, por supuesto, la diferencia se ha efectuado en sentido de retraso.

Girando unas ruedas con otras é impulsándose por medio

de la fuerza motriz, se produce una resistencia llamada *frotamiento* ó *roce*; este roce va aumentando á medida que los aceites van mezclándose con el polvo que penetra en la máquina; lo que destruye la pulidez de los pivotes y origina un nuevo roce permanente. El aumento de los roces será siempre un obstáculo á la trasmision de la fuerza motriz.

No proseguiremos sobre el particular, pues ya hemos advertido que no entra en nuestro propósito ocuparnos técnicamente del arte de la relojería, ni dar á conocer todas las causas que suelen perturbar la marcha de los relojes, ni la infinidad de defectos de que pueden adolecer. Exponer reglas sencillas para poder cuidar y regular los relojes, sean portátiles ó de pared, he aqui el fin que nos hemos propuesto. Creemos, pues, que las reglas que pasamos á exponer podrán ser muy útiles, particularmente á los que viven lejos de la capital, por no serles fácil consultar al relojero las discrepancias de su reloj.

Modo de observar y regular el reloj de bolsillo.

1.º Las observaciones se haran por medio de un reloj péndulo, cuyo motor sea el peso, ó con un cronómetro, ó con el paso del Sol por el meridiano y las tablas de ecuacion.

2.º Siendo la temperatura una de las causas que más influyen en los relojes, debe tenerse presente el cambio de estaciones. Generalmente los relojes atrasan en verano y adelantan en invierno, cuando defectos más ó menos graves de la máquina no producen el efecto contrario.

3.º Para poder apreciar las diferencias de un reloj, se pondrá en hora con un buen péndulo arreglado á horas de tiempo medio, y se dejará andar 24^h. Se cotejará al cabo de dichas horas con la hora y minutos del péndulo, y si adelanta ó retarda por ejemplo 3^m en un dia y se observa igual discrepancia en los dias sucesivos, se tendrá una prueba de que su marcha es uniforme: en tal caso podrá afinarse por me-

dio del registro, corriendo la aguja hácia uno ú otro lado, segun en el sentido que haya hecho la diferencia. Este reloj *discrepa*, pero *no varia*.

4.º Nadie ignora que cosa sea el registro, y no obstante son pocos los que se sirven de él con buen éxito. Las letras *A avance* ó *F fort*, y *R retard* ó *S sul*, marcadas ó grabadas en uno y otro lado sobre el montante ó puente del volante, designan el efecto que se consigue al hacer correr la aguja. Cuando el reloj adelanta se corre la aguja hacia *R* ó *S*, y cuando atrasa, hácia *A* ó hácia *F*. Téngase mucho cuidado al hacer esta operacion: no son pocos los que han echado á perder el resorte espiral y que hasta han roto el eje del volante, deslizándoseles el alfiler ó instrumento de que se valen para empujar la aguja. Como nadie puede tener la mano del todo quieta y segura estando suspendida y sin apoyo, será prudente apoyarla al borde de la caja del reloj; asi podrá hacerse la operacion con todo aplomo y seguridad.

5.º Se ha dicho que cada division ó línea del registro equivale á 3^m de diferencia á las 24^h; la experiencia nos ha enseñado que en esto no hay regla fija. Relojes de una misma clase son más *sensibles* unos que otros. Esto depende mucho de la disposicion del muelle espiral y de la llave de la aguja que le sirve de guia; no hay más regla que el tanteo. (1)

6.º No bastan uno ni dos dias de observacion para conocer las discrepancias del reloj. Puede á veces trastornársele la marcha por causas súbitas y pasajeras; en tales circunstancias la variacion no tendrá un carácter duradero, y no habrá necesidad de tocar el registro, puesto que luego ha de volver á su estado ordinario ó normal. No debe, pues, tocársele el registro, mientras no sea vea una tendencia seguida ó continuada á adelantar ó atrasar.

7.º Cuando se observa una diferencia de tres ó cuatro mi-

(1) No hablamos de ciertos defectos de escape que pueden anular la accion de la aguja y alterar la del espiral.

nutos en ocho ó diez dias, debe ponerse el reloj en hora sin tocarle el registro. Verdad es que hasta en relojes medianos se obtiene á veces más exactitud, pero generalmente no se puede exigir más, no tratándose de relojes de precision.

8.º Al reloj que adelante ó atrase en un dia 4^m, en otro 2, despues 5 y asi sucesivamente, es decir, que haga diferencias desiguales de uno á tro dia, será inútil tocarle el registro. Un reloj asi es el que *varía*, como hemos dicho ya en el capítulo *Los dos tiempos*. Esto casi siempre proviene de ciertos defectos del mismo reloj, los cuales tienden á destruir el isocronismo, comunicando á las vibraciones del volante su accion perturbadora.

Buen manejo y conservacion del reloj de bolsillo.

Un reloj construido con esmero puede, no obstante, andar muy mal, si no se tienen con él todos los cuidados que tan primoroso mecanismo exige. Tanto por el crédito del relojero como por economia de los que usan reloj de bolsillo, fuera muy útil no olvidar las precauciones siguientes:

1.ª Debe llevarse el reloj en un bolsillo bien limpio y hecho *ex profeso*, para que no se ensucie muy á menudo, y tambien para que no se menee mucho andando, ó yendo á caballo ó en carruage. La costumbre de llevar monedas, llaves, cigarros ú otros objetos al bolsillo del reloj, le exponen á muchos percances.

2.ª Las personas que tienen un calor excesivo debieran guarnecerse el bolsillo del reloj de una tela apropósito ó refractaria al calor, para evitar la dilatacion que puede ocasionar su propia temperatura, como tambien para evitar la eliminacion de la fluidez de los aceites, destinados á suavizar el roce.

3.ª Conviene dar cuerda al reloj todos los dias á la misma hora: la operacion se hará pausadamente, para no hacer presion, al concluir, sobre el rodaje y sobre el muelle motor.

4.ª No es conveniente hacer correr muchas vueltas las agujas del reloj; es preferible aguardar á darle la cuerda hasta tanto que sea la hora que él señale. No hay inconveniente en hacerlas correr algunos minutos.

5.ª Hay que tener un especial cuidado con los relojes sabonetas, por penetrar el polvo en ellos con gran facilidad por los desajustes de los muelles de abrir y cerrar.

6.ª Perjudica al reloj el dejarlo colgado en contacto con pared. Si la pared es húmeda, ataca á los ejes y demás piezas de acero, causando estragos dificiles de reparar. Asimismo perjudica al reloj el dejarlo sobre piedras ó mármoles, sobre todo en invierno, pues que los metales experimentan una gran contraccion y una especie de rigidez por causa del frio que la piedra les comunica durante la noche. Sufre el reloj un cambio brusco de temperatura al pasar del bolsillo á la piedra, especialmente en las habitaciones sombrías de la parte del Norte, bajando á veces de una temperatura regular, á uno, dos y tres grados bajo cero.

7.ª La temperatura media es la más propia para el reloj.

8.ª Alteran la regularidad del reloj todos los movimientos oscilatorios en sentido horizontal.

9.ª No es prudente dejar el reloj muy cerca de grandes masas de hierro, por la influencia que pueden ejercer algunas corrientes magnéticas sobre el espiral, volante y rueda de escape.

10.ª Tampoco debe dejarse expuesto á los rayos y ardores del Sol, particularmente en verano, como hacen algunos labradores al quitárselo para hacer algunas faenas pesadas. Los hay que suelen colgarlo de una rama de un árbol; asi es que el reloj se pone tan caliente, que ni puede tocarse con la mano. Esto produce un dilatacion extraordinaria, seca los aceites que hay en las partes frotantes, y espone al reloj á muchos accidentes.

11.ª No debe soplarse nunca á la máquina del reloj: el aire al salir de la boca es húmedo, y oxida algunas piezas, en-

tre otras el resorte espiral, cuyas delgadísimas espiras quedan inutilizadas algunas veces. Soplese á la superficie de un espejo, y se comprenderá al momento el daño que puede causar el aire húmedo arrojado sobre la máquina del reloj. (1)

¿Como sabrà el comprador elegir buen reloj?

Poco ménos que imposible sería dar reglas seguras para poder conocer las buenas ó malas condiciones del reloj de bolsillo, á los que carecen por completo de conocimientos teóricos y prácticos de nuestro arte. Los relojeros nos vemos obligados muchas veces á inspeccionar en conjunto y por separado todas las piezas de que consta un reloj, para poder emitir un dictámen acertado. Sin embargo, si se tienen en cuenta algunas precauciones al comprar el reloj, se procederá con más prudencia, y no se expondrá tanto á gastar el dinero en vano.

1.^a Debiera comprarse el reloj en la misma poblacion donde se reside, ó én el punto más inmediato, por la ventaja de poderlo traer á componer al mismo relojero que lo haya vendido, el cual es muy natural que mire y arregle con un celo particular la pieza que ha salido de sus manos.

2.^a Debiera preferirse el relojero al simple traficante de relojes: el primero puede servir bien, puesto que obra á ciencia cierta; al segundo no le es posible, por la sencilla razon de no entender el arte.

3.^a No es prudente comprar relojes de muy bajo precio. La relojería en esto es como las demas cosas: generalmente sus buenas ó malas condiciones son relativas á su valor.

4.^a En cuanto á tamaño, debe evitarse la extrema pequeñez. Un reloj muy chico debe ser caro para ser bueno: los de

(1) Los que dicen que el relojero gana tanto ó cuanto soplando al reloj, no dicen más que una tontería.

bajo precio sirven perfectamente para el descrédito de las casas que los venden.

5.^a Generalmente tampoco deben preferirse las máquinas hermoseadas con caprichosos dibujos, en las cuales suele la mala fe poner el nombre de casas acreditadas, adornando también la esfera con apariencias engañosas.

6.^a Es una gran candidez comprar el reloj en las casas de préstamos. Allí acuden algunos que, alegando una necesidad que no existe, dejan el reloj en casa del ignorante prestamista, despues de haber oido ya el desfavorable dictámen del relojero. Y en todos casos se expone á quedar engañado, puesto que, además de comprar el reloj á personas ignorantes en la materia, quedan los prestamistas desligados de todo compromiso. Ellos venden *siempre* sin responsabilidad alguna, por el temor y la desconfianza que les inspiran, á ellos antes que á nadie, los mismos artículos que están en su poder.

7.^a Denunciamos á la perspicacia de nuestros amigos el modo de proceder de algunos extranjeros que recorren nuestra provincia vendiendo relojes de bolsillo. Da lástima ver las máquinas que esos hombres expenden; engañan miserablemente al comprador. Tienen cristal exterior dichos relojes, sin duda para fingir que han sido construidos en las acreditadas fábricas de Besançon. Esos dropes, que por lo general son jóvenes *gabachos* vagabundos, se fingen desertores del ejército de su nacion; cuando no son otra cosa que unos timadores más ó ménos astutos, que no pudiendo vivir en su propio pais por su mal comportamiento, vienen aquí á sorprender la candidez de algunos españoles. (1)

8.^a No es conveniente comprar relojes de bolsillo que se-

(1) Estando escribiendo las precedentes líneas hemos sabido que esos timadores también venden relojes sabonetas, caja cobre, pero fingiendo que son de oro. Tienen dichos relojes las tapas de un grueso más que regular y son dorados al galbanismo. La máquina es montada á puentes, y el escape es de cilindro.

ñalen los días del mes, los meses y los días de la semana: esto complica el mecanismo, y da origen á algunos defectos que tienden á entorpecer las funciones más importantes de la máquina. El reloj está destinado á señalar la hora; todo lo demás son caprichos pueriles.

9.^a Debiera bastar al parecer el sentido comun para desvanecer el error de que *tan bueno puede ser un reloj muy barato como el que realmente tenga más valor*: este error, que por desgracia ha llegado á ser comun hasta entre las personas de regular instrucción, ha sido forjado por hombres ignorantes y extraños á nuestro arte, pero que han dado con la manía de querer hacer su negocio vendiendo por los cafés y por las plazas relojes pésimamente contruidos, que los relojeros no queremos ni debemos vender. Esos especuladores, que lo mismo suelen traficar con relojes que con plata y oro y zapatos viejos, son los que han contribuido mucho á crear esa atmósfera de suspicacias que de parte del público rodea tiempo há á nuestro arte, charlando siempre contra el verdadero artista, y vendiendo relojes muy inferiores al precio de los regulares. Verdad es que en un reloj de buena calidad puede haber algun defecto que no ha podido ser hallado por el relojero que lo ha vendido; mas cuando otro artista de mirada más perspicáz halle y corrija el escondido defecto, entonces marchará dicho reloj con la regularidad que su dueño tiene derecho á exigir. Una cosa es tener *un solo defecto*, y otra tener muchos, ó *ser defectuoso*. La diferencia entre los relojes inferiores y los de buena calidad será siempre grande: los primeros durarán poco; los segundos durarán mucho, y señalarán la hora con más exactitud. Esto es lo que se conforma con la experiencia, con el sentido comun, y con las más rudimentales nociones de la mecánica.

10.^a En cuanto á escapes, el cilindro y el áncora son los que generalmente se usan. El cilindro tiene la ventaja de ser muy sencillo y de estar sus reparaciones al alcance de medianos obreros. El áncora es más complicada, pero tiene la

ventaja de ser *escape de vibraciones libres*. El áncora buena aventajará al mejor cilindro en exactitud y en la seguridad de la marcha: el cilindro bien construido aventajará al áncora mediana. El áncora muy barata ó inferior suele estar plagada de defectos que no todos los relojeros son capaces de corregir: el cilindro inferior tiene siempre la buena condición de la gran sencillez. Un áncora bien fabricada, pues, es mejor que el mejor cilindro; el cilindro bueno es mejor que un áncora mediana, y el áncora de ínfima clase es peor que el peor de los cilindros. (1)

CAPÍTULO XI.

Cuatro palabras sobre los relojes péndulos, de cuadro y sobremesa.

Fuera menester una obra extensa para poder describir la variedad de los relojes de pared, de sobremesa, y de los de grandes dimensiones ó de torre. Empezando por los relojes alemanes de jaula de madera, y acabando por el cronómetro científico expuesto en el salón de la Exposición de industria de París, (2) recorreríamos una escala interminable que, á mas de ser impropio en esta clase de obritas, tampoco fuera de ninguna utilidad para nuestros parroquianos. Aunque

(1) A las personas acomodadas ó que puedan gastar una cosita regular al comprar el reloj, les recomendamos los Longines, los Roskopf Patent, Ancora inglesa, y los Patek Philippe.

(2) Este reloj astronómico es sostenido por ocho columnas griegas, y representa el sistema copernicano y el antiguo ó de Tolomeo. El rodaje de la astronomía antigua está colocado en una jaula que sirve como de pedestal al nuevo sistema, funcionando independientemente el uno del otro. Entre otras cosas muy curiosas, se ve en dicho reloj á la Tierra dar su vuelta con gran magestad, llevando una corona de cristal que da á conocer la hora, el día y la noche en todos los países del mundo.

muy brevemente, preferiremos tratar de los que se usan en nuestro país.

Los relojes que generalmente se usan aquí, tienen por motor el peso; este es el motor por excelencia. Los labradores han entendido mejor que otras clases que viven en las ciudades lo que es más ventajoso, prefiriendo al reloj de cuadro el reloj de Morez. Otros prefieren el reloj alemán con pesos y cadenilla; á pesar de tener la jaula de madera, tienen mucha más seguridad y solidez que los relojes de cuadro.

Los relojes de Morez del Jurá, ó sean los que se ven en la generalidad de las casas de los labradores, son los mejores relojes que se conocen. Sus ruedas son de latón batido, sus ejes y piñones, de acero de la mejor calidad, y fabricados escrupulosamente con las debidas proporciones; lo cual da á estas máquinas una regularidad que nada deja que desear. Tienen por motor el peso, péndola de una sola varilla (algunos la tienen como una especie de emberjado) son de 8 d. c. y repiten las horas. No diremos el tiempo que pueden durar, porque se nos tacharía de exagerados.

No hay que tener con los relojes de pared algunos de los muchos cuidados que exige el manejo de los relojes portátiles; basta atender á las sencillas explicaciones que da el relojero al venderlos, para que cualquiera pueda servirse de ellos sin dificultad.

Los relojes de cuadro, los llamados reguladores de Viena, como los de sobremesa, tienen el rodaje montado entre dos platinas. La máquina es muy reducida, tienen por motor el *muelle real* y son sumamente delicados.

Cuando años atrás se dispuso que hubiese reloj en todas las escuelas, se erró mucho al elegir el reloj de cuadro. Ignorarían que el escape de reposo (que por desgracia se halla casi en todos los relojes que se adoptaron para las escuelas) marcha con poca soltura, y que puede resistir por muy poco tiempo el mucho polvo que se agita en las escuelas. Dicho escape debe de ser construido con grande esmero para ser

bueno, y rarísimas veces se halla esta condición en los relojes de cuadro baratos ó inferiores. El escape de reposo, excepto en los péndulos y ricos cuadros de París, adolece del inconveniente *de reposar demasiado*. (1) Y aumenta las dificultades en estos relojes la mala condición de tener cuerda para quince días, en lugar de ocho.

Poco nos ocuparemos de los relojes sobremesa baratos ó inferiores: estos tienen la *buena condición* de no adelantar ni retardar nunca, por estar siempre parados. Pero sí que debemos decir algo (con perdón del lector) sobre los despertadores norte-americanos, ó sea de esos *relojes* de diferentes formas, niquelados, y que muchos de ellos tienen una bonita campanilla por remate.

Sería ridículo ocuparse con seriedad de eso que el público llama con toda la buena fe del mundo *relojes despertadores*. Estos *relojes* no son construidos por los obreros relojeros: son fabricados, por mera rutina ó afición, por los alfareros *yankees*. Sus ruedas, ejes y piñones, son de barro cocido de la mejor calidad; y los dientes de las ruedas, en lugar de tener la forma cicloide, como debieran, presentan la bélica figura de una lanza.

La única *buena condición* que tienen es el ser tan ajustados: en esto sí que pueden figurar al lado de los instrumentos de precisión. Agradecemos á los *yankees* el haber empleado todos sus talentos y toda su paciencia en la construcción de partes tan esenciales. Nosotros hemos visto dichos ajustes, y nos hemos quedado *maravillados*. ¡Que ajustes tan delicados! No parece sino que el pivote baila en su centro con tanta gracia como un funámbulo sobre la cuerda. Hemos medido la distancia que hay desde el pivote al centro rotatorio, y hemos calculado que podría pasar por allí, con toda comodidad, un elefante de 200 años.

(1) Llámense escapes de reposo todos los que la inclinación de las curvaturas de las dos caras del áncora no permite á la rueda pasar adelante hasta tanto que la péndola ha recorrido todo el arco de oscilación.

He aquí, pues, el juicio que nos merecen los despertadores llamados norte-americanos. Pero ya que hemos sido tal vez algo duros al emitir nuestro parecer respecto de dichos *relojes*, al ménos seamos blandos para con sus autores y constructores, entregándolos á las disciplinas de cuantos hayan tenido el capricho de comprar *tan excelentes máquinas*. (1)

Los relojes-péndulos bien contruidos pueden discrepar, pero casi nunca variar. Verdad es que pueden perturbarse por un cambio brusco de temperatura; mas no será una diferencia muy notable, y podrá corregirse muy bien por medio de la lenteja de la péndola, subiéndola cuando atrasan y bajándola cuando adelantan.

Para compensar los efectos del frío y del calor se inventaron péndulos compensadores. La contraccion y dilatacion que experimenta la péndola influye en las variaciones de los relojes de pared. Y esto que por sí solo constituye una dificultad ha sido aprovechado para compensar los efectos del calor y del frío, valiéndonos los relojeros de la diferencia de dilatacion de metales diferentes sometidos á un mismo grado de temperatura. Estas péndolas están formadas por varias varillas verticales unidas por travesaños horizontales.

No se entienda por esto que sean compensadores todos los péndulos de algunas varillas de metales diferentes, puesto que en la mayor parte no son más que un simple adorno. La longitud de los brazos del primer metal debe ser comparada con la del segundo, estando en la misma relacion de ambos metales. La longitud de los brazos se determina por la ley de dilatacion lineal de cada metal; pero casos hay en que no bastan las reglas que establece esta teoria, y que es menester hacer muchas observaciones y un tanteo engorroso. Los metales que se emplean en la relojeria para las compensaciones son el laton y el acero ó el laton y el zinc.

(1) Apenas si se hallan estos *relojes* en ninguna relojeria. Tanto aquí como en Francia, suelen venderlos los plateros y quincalleros ambulantes, y las gitanas que cantan *la buenaventura*.

La construccion de un péndulo compensatriz no se confia nunca á simples obreros, sino á hombres que, á más de una larga práctica, han hecho los más entretenidos estudios y reiteradas observaciones en este ramo. Por esta razon suelen ser dichos péndulos de un precio muy crecido, hallándose rarísimas veces entre la relojeria comun ó del comercio. Estos péndulos magníficos no se ven más que en las casas de algunos relojeros y en los observatorios astronómicos.

Un reloj péndulo bien regulado puede variar al ser trasladado de un punto á otro: adelantará ó atrasará segun la temperatura donde ha sido trasladado, y, segun la distancia, si se ha dirigido de Norte á Sur ó vice-versa, podrá influir la gravedad.

Si los frotamientos del punto de suspension de la péndola son iguales en todas partes, no lo son la gravedad y la temperatura. La intensidad de la gravedad en la superficie de la tierra varía segun la latitud, aumentando desde el ecuador á los polos. Aunque sea algo engorroso, no es difícil probar este hecho, pues basta llevar un reloj péndulo sucesivamente en diferentes puntos del globo y medir en cada uno el número de oscilaciones que da el péndulo en un tiempo dado: la observacion dará por resultado un aumento de celeridad en la péndola caminando hácia los polos, y una disminucion ó marcada lentitud marchando hácia el ecuador. Las oscilaciones pendulares, pues, son más aceleradas en las regiones polares, y más lentas á medida que se acercan á la línea equinoccial; siendo mayores los arcos que recorren en el ecuador y menores en los polos. Sin embargo, no deja de representar aquí un papel importante la ley de dilatacion y contraccion, puesto que, segun ella, el péndulo será más largo en el ecuador y más corto en los polos. El calor dilata, *aumenta*; el frío contrae, *acorta*. Así que el péndulo vaya sintiendo más calor aumentará su longitud, y sus oscilaciones irán siendo más lentas; el frío producirá el efecto contrario. Tenemos, pues, que aun cuando la gravedad no influyera en

las oscilaciones, bastaría la temperatura para producir en más ó ménos escala, en las predichas regiones, los efectos que acabamos de explicar.

Escapes de relojes péndulos.

El escape de áncora y el de clavijas son los que se aplican hoy á los relojes de pared y en los de grandes dimensiones ó de torre. Antiguamente se usaba el de rueda catalina y aún se conserva en los relojes que no han sido perfeccionados, sustituyéndoles el antiguo escape por el de áncora ó el de clavijas. Sin embargo, aunque *el catalina* sea el primitivo, no es dato bastante seguro para deducir la edad del reloj, por la razón de haberse construido algunos relojes con dicho escape en nuestro siglo.

En los relojes antiguos no regulaba sus movimientos el péndulo, por ser aún desconocido. Es innegable que la primera idea del péndulo la concibió Galileo en el año 95 del siglo XVI. ¿Cómo, pues, pueden ser anteriores á dicha fecha los relojes péndulos? Ni como pueden ser anteriores al año 80 del siglo XVII los relojes de áncora, habiéndose inventado dicho escape en la fecha referida? Estas reflexiones nos ha motivado la lectura de una obra, cuyo autor atribuye á un reloj de torre una edad que no tiene. (1)

Relojes eléctricos.—El Farol-reloj.

El reloj eléctrico fué inventado en el año 1839, por Stem-

(1) Nosotros hemos visto é inspeccionado escrupulosamente alguna de estas máquinas que marchan por medio del péndulo y que se les atribuye tanta antigüedad, y no hemos hallado la menor señal de modificación alguna. Y, además, la condición de tener alguna de dichas máquinas *el escape de áncora*, corrobora nuestro parecer de que no pueden ser tan antiguas como algunos creen.

hiel, físico de Munich. Desde entonces se han construido diferentes sistemas de aparatos, semejantes á los que funcionan en los telégrafos. En Francia, en el camino de hierro de Lila, años há que está funcionando el sistema de Pablo Garnier. Diez y ocho cuadrantes son puestos en movimiento por un reloj-tipo. Dicho reloj comunica la hora por intermedio de la electricidad á todos los aparatos horarios, interrumpiendo á iguales intervalos el paso de la electricidad en los electro-imanés que impulsan las agujas de los indicadores horarios. Se compone de dos cuerpos de rodage: el uno está destinado á medir el tiempo, y el otro, sometido á la marcha del primero, produce la ruptura y paso de la corriente eléctrica en el circuito. El sistema Garnier se compone de un reloj-tipo, de indicadores horarios, y de una batería voltaica.

Después de inventado el reloj eléctrico, pensóse luego en la conveniencia de hacer señalar la hora á los faroles del alumbrado público en las grandes ciudades. Mr. Ch. Nolet, ingeniero mecánico, fué quien construyó el farol-reloj, y Luis Breguet colocó por primera vez dichos relojes en la ciudad de Lion. Se compone dicho aparato de un electro-iman que obra sobre una rueda catalina; el eje de esta rueda lleva la aguja de los minutos. Para colocar el electro-iman y aumentar el poder de las palancas que impulsan, hay una armadura de hierro que se halla articulada en un punto de su longitud, y que se prolonga hasta el centro del cuadrante, terminando con una paleta. Dicha paleta está entre el montante del contador y la rueda. La rueda tiene en su circunferencia 120 dientes, y un agujero oval que le permite oscilar bajo las funciones intermitentes del electro-iman y de un resorte antagonista. Hacen avanzar la rueda dos muelles de impulsión, y dos palancas fijas á la paleta aseguran el escape. A cada instante establece la corriente el reloj-tipo. La armadura es atraída por el electro-iman y vuelta al momento á su primitivo estado por un resorte, obligando á la rueda catalina á

avanzar dos dientes, y por consiguiente una division á la aguja de los minutos.

En la ciudad de Gante, (Francia) funcionan 125 relojes públicos del sistema Nolet.

CAPÍTULO XII.

Los relojes y su exactitud.

Los relojes en general no pueden medir el tiempo exactamente de un modo absoluto. Además de las causas que hemos mencionado y que hasta hoy no ha sido posible evitar del todo, hay otras que alteran la regularidad del reloj de un modo incomprensible. Y si ocurre alguna que otra vez el hallar la hora de algun reloj absolutamente exacta despues de mucho tiempo de haberlo puesto en hora, más será efecto de la casualidad ó de algun equilibrio fenomenal, que el resultado de los principios con los cuales se haya fabricado. Se equivocan, pues, los que porfian para reducir el reloj á una marcha rigurosamente constante. Sin embargo, podemos estar satisfechos del estado de perfeccion á que ha llegado la relojería, puesto que nos facilita el poder distribuir el tiempo sin error sensible en nuestras cotidianas ocupaciones. Quién conozca la delicadeza de las piezas y mecanismos de los relojes, especialmente de los portátiles, no podrá menos de observar con extrañeza la regularidad de sus movimientos. Hoy ya se consiguen en las máquinas de medir el tiempo los resultados más satisfactorios, á pesar de las muchas causas trastornadoras que continuamente las rodean.

Setenta años atrás no se conocian aquí en España otros relojes que los de escape de rueda catalina, cuyo retroceso no les permitia marchar con uniformidad. Sin embargo,

nuestros abuelos estaban complacidos de la utilidad que les prestaban, y consideraban como insignificantes las discrepancias de cuatro ó cinco minutos diarios. Hoy se disputa al reloj el minuto, el $\frac{1}{2}$ minuto; y llevando el empeño más allá de los limites de la posibilidad, se exige de los relojes ordinarios lo que unicamente puede obtenerse por medio de los relojes de longitudes. En los de longitudes ó cronómetros tambien se observan algunas diferencias, pero tan insignificantes, que casi pueden reputarse como nulas: no en vano se les llama *relojes de precision*. Mas no hay que esperar de los relojes que generalmente se usan tan alto grado de exactitud; esto fuera pretender lo imposible.

Los escapes de reposo de vibraciones libres són más apropiado para la exactitud, que el de rueda catalina; por eso este escape ha caido en desuso con mayor razon aun en los relojes de bolsillo que en los de pared. Pero por mas que hoy no están en uso, ningun relojero dejará de admirar la finura y dureza de los metales que en los relojes antiguos se empleaban, la solidez de la construccion, y, sobre todo, la ingeniosísima rueda de caracol, la cual se halla en todos estos relojes. No debia haberse suprimido en los relojes modernos de uso comun esta magnífica pieza. El escape de reposo de vibraciones libres, aunque bueno cuando está bien construido, es insuficiente por si solo para corregir las desigualdades de la fuerza motriz.

Cuando se inventaron dichos escapes, muchos abrigaron la esperanza de que podria suprimirse la rueda de caracol sin perjuicio de la regularidad del reloj. No entra en nuestro ánimo la idea de negar la accion regularizadora que el escape libre, de reposo, puede tener sobre el gran resorte motor. La ventaja de dicho escape sobre *el catalina* es grande, como lo prueban los hechos ó la misma observacion. Pero si los escapes de reposo de vibraciones libres marchan con bastante regularidad sin la *fusada* ó rueda de caracol, ¿qué es lo que no harian con el auxilio de esta pieza ingeniosa?

Sirve esta rueda de intermediaria para transmitir con igualdad al rodage la fuerza del muelle real ó gran resorte motor. El muelle real (vulgo cuerda) es una hoja de acero templada, de forma espiral, la cual queda del todo arrollada y en su *máximum* de fuerza dentro de su tambor ó barrilete al dar la cuerda al reloj. Va desarrollándose poco á poco é impeliendo al rodage con su fuerza, llamada *fuerza motriz*.

Va perdiendo este muelle en potencia sucesivamente al desarrollarse, decayendo hasta llegar á su *mínimum* de fuerza: esta, pues, no es igual durante el desarrollo del muelle, por tender siempre á sustraerse de su estado violento y á arrimarse á las paredes interiores del tambor, que es cuando no comunica ya la menor fuerza al mecanismo. Desde luego se comprende que las vibraciones del volante ó regulador han de resentirse más ó ménos de las desigualdades de la misma fuerza que las produce.

LA RUEDA DE CARACOL Y SUS FUNCIONES.--Una piéza en forma de cono truncado y con una ranura en su superficie cónica va unida con su eje á la primera rueda dentada, teniendo ambas un eje único y un punto de apoyo común. El cono caracol va dando vueltas independientemente de la rueda durante la operacion de dar cuerda al reloj, mientras que una cadenilla de pequeños eslabones de acero, que está enganchada por uno de sus extremos á la rueda de caracol, y por otro al tambor, arrastra á éste y arrolla al muelle que contiene: este es el muelle real, ó gran resorte motor.

El caracol y el eje del tambor son sostenidos cada uno de por sí por un cliquete, para que no se suelten rápidamente por la accion de la fuerza motriz. Al comenzar á desarrollarse esta fuerza, la cadenilla principia á deslizarse por el surco que hay al rededor de la rueda caracol, obrando en la parte posterior del cono sobre las palancas menores, y deslizándose sobre otras palancas mayores á medida que el muelle motor pierde en fuerza. Tenemos, pues, que la fuerza de flexibilidad que en cada instante disminuye en el muelle real, es

sustituida por la fuerza de la palanca del cono caracol, produciéndose de este modo un movimiento de rotacion regular en la primera rueda, en la segunda, en la tercera y así sucesivamente hasta llegar al escape y al volante, que es en donde se efectuan las oscilaciones.

No puede negarse la grande utilidad de la rueda de caracol en todos los relojes cuyo motor no sea el peso. Esta pieza no se aplica ya en ninguno ó casi en ninguno de los relojes que hoy están en uso, y, á no ser los cronómetros ingleses (tambien el Paten ingles) hubiera quedada olvidada en los relojes de nuestros antepasados. Mas aplíquese ó no la rueda que acabamos de describir, nunca podrá obtenerse en los relojes la exactitud matemática, que muchos pretenden. Ya hemos advertido que hasta en los relojes de precision se observan algunas ligeras discrepancias.

Hubo en 1883, en el Observatorio de Ginebra, un concurso de cronómetros de bolsillo, ó de relojes de precision modernos. He aqui los resultados que se obtuvieron:

Diferencia media de marcha de uno á otro dia: 425 milésimas de segundo.

Diferencia media correspondiente á un cambio de postura: un segundo 653 milésimas.

Error de compensacion: 0^s 112.

CAPÍTULO XIII.

El cronómetro.

La fama que ha adquirido el cronómetro, tanto por su precisión como por la utilidad que presta á los navegantes, exige que le dediquemos un capítulo aparte, para dar á nuestros parroquianos siquiera una pálida idea de este instrumento de medir el tiempo y las longitudes. (1) Hablaremos del cronómetro marino, por ser de mayor precisión que el de bolsillo, y también por estar destinado á observaciones importantísimas. El cronómetro que vamos á describir es construido por los artistas ingleses, y adoptado generalmente por nuestra Marina.

El cronómetro inglés tiene la rueda de caracol de que hemos hablado en el capítulo precedente, y para regular la fuerza motriz, funciona de la misma manera que allí hemos descrito. Solo que, en los cronómetros, hay una fuerza auxiliar para que la marcha no sufra la menor interrupción durante la operación de dar cuerda. Esta segunda fuerza emana de un muelle que hay en la base de la rueda caracol.

La uniformidad del cronómetro no solo depende de la igualdad de la fuerza motriz, sino del escape y del regulador.

El volante ó regulador es en todos los relojes la pieza que recibe ménos fuerza, y le sirve de auxiliar poderoso el resorte espiral, puesto que conserva en él el movimiento oscilatorio, restituyéndole la fuerza que pierde en cada vai-ven por

(1) La palabra *cronómetro* se compone de dos voces griegas que significan *tiempo* y *medida*. A últimos del siglo XVIII tuvo lugar el empleo de los cronómetros para los usos de la navegación: sirven para una infinidad de observaciones encaminadas á determinar la situación de la nave.

el roce, por la resistencia del aire, etc. Es el muelle espiral al volante lo que le devuelve al péndulo. Si separamos, pues, al volante de su estado de equilibrio, dará algunas oscilaciones semejantes á las que describe el péndulo cuando se le separa de la vertical ó de su estado de reposo: de la igualdad de estas oscilaciones depende la regularidad del reloj.

En los relojes comunes se obtiene la regularidad por medio del registro; no así en los cronómetros, en los cuales el artista constructor da al espiral una longitud determinada y definitiva. El volante en los cronómetros tampoco es como el de los relojes usados ordinariamente; en él se han agotado toda la paciencia é inteligencia de los más hábiles artistas.

Para compensar los efectos del calor y del frío, se ha construido el volante de dos metales diferentes y de distinto grado de dilatación, para que produzca compensación la acción de la temperatura. El volante del cronómetro se compone de dos hojas bi-metálicas encorvadas, fijas por uno de sus extremos á los radios del mismo. Sobre estas dos láminas de forma semicircular corren en ajuste dos masas, llamadas *masas compensadoras*. Al obrar, pues, el calor sobre estas hojas, dilatándolas con desigualdad y encorvándolas, caminan las masas compensadoras hácia el centro, aproximando al mismo el centro de oscilación, separado por la dilatación de los dos radios del volante. La compensación depende de la buena calidad de los metales, del grueso y longitud de las hojas semicirculares, y de la composición y colocación de las masas. Se obtiene la conveniente compensación por medio de la graduación de dichas masas, y se arregla la velocidad de las oscilaciones por medio de un tornillo que hay en cada uno de los extremos de los radios del volante.

Las piedras que se emplean para los centros de los ejes, suelen ser en los cronómetros marinos rubí verdadero, ágata ó diamante.

El resorte espiral no es plano ú horizontal como en los relojes comunes: tiene la forma cilíndrica, semejante al es-

piral ordinario cuando se le estira con violencia por ambos extremos. Con la forma cilíndrica, el espiral del cronómetro vibra con toda soltura y desembarazo, sin el menor peligro de rozarse sus espiras. Tiene, pues, el reloj de longitudes, además de la rueda de caracol, el espiral cilíndrico, y un volante compensatriz magnífico, para preservarle de las perturbaciones que podrian ocasionarle los cambios de la temperatura. Su escape es el de Arnold.

ESCAPE DE REPOSO DE VIBRACIONES LIBRES DE ARNOLD.—En todo reloj, las funciones del escape están destinadas á poner en comunicacion al rodage con el volante ó regulador. En el escape libre de Arnold, que es el que adoptan los relojeros ingleses para los cronómetros marinos, al ser puesta la rueda de escape en movimiento por la accion del motor, cada uno de sus dientes es detenido por una piedra preciosa de forma prismática, que va engastada en la mediania de un muelle de acero, sumamente flexible, llamado *muelle de escape*. Este muelle está fijo por uno de sus extremos á una platina, y por su parte encorvada, que es su extremo libre, se apoya en otro muelle muy primoroso llamado *pequeño muelle de escape*, y que en la generalidad de los cronómetros suele ser de oro: este pequeño muelle está fijo en la misma platina del muelle dominante.

Van colocadas en el eje del volante dos piezas circulares, llamadas *circulos de escape*. La rueda de escape obra sobre una piedra finísima y dura que hay engastada en una escotadura del círculo mayor, (1) y la piedra del círculo menor sobre el muelle de oro. De esta manera es como se produce la accion intermitente y uniforme de la rueda de escape, presentando al volante la menor resistencia posible, y aun esta de un modo indirecto, para que el movimiento sea lo más isócrono posible.

(1) Y además sobre la piedra del muelle de acero, como ya hemos dicho.

Tenemos, pues, que al dar cuerda al cronómetro, se arro-lla la cadenilla al caracol, deslizándose del tambor, hasta tener del todo arrollado al muelle real. Seguidamente este resorte tiende á desarrollarse, comunicando inmediatamente su fuerza al caracol y á la rueda de su base, poniéndose desde luego en movimiento todo el rodage. La última rueda comunica con los muelles de escape, los cuales son movidos con constante alternativa por las oscilaciones del volante, y, como el movimiento de éste sea constantemente isócrono, de ahí proviene la exactitud casi matemática de esta magnífica pieza, verdadera maravilla del arte.

Sobre el uso y buen manejo del reloj de longitudes.

El cronómetro marino no se usa como los demás relojes ordinarios. No obstante su construccion sólida y esmeradísima, hay que tener con él un cuidado exquisito. A fin de evitar que los movimientos extraños y violentos turben su marcha, va colocado dentro una caja de laton, y despues dentro de otra caja de madera, la cual lleva en uno de sus ángulos un pasador llamado *el seguro* que pasa por el arco de suspension por un agujero de la caja de laton, para que no oscile al ser trasladado de un punto á otro. Va colocado además dentro de una tercera caja, forrada de almohadillas sumamente blandas.

Al ser el cronómetro instalado á bordo, se le coloca en el sitio más inmediato al centro de gravedad del buque, por ser en este punto ménos bruscos los movimientos, y por estar más al abrigo de los cambios de la temperatura. Estos cuidados, no inferiores á los que se tienen con un niño recién nacido, deben ser comunes á todo reloj destinado á la navegacion.

El cronómetro á bordo está dentro de un armario cerrado, del cual no se saca sino durante los disparos de la artilleria. Durante dichos disparos lo tiene un marino en la mano, con-

forme se previene en las instrucciones reglamentarias de la Marina Real Francesa. (1) De esta manera el cronómetro no se resiente tanto, por recibir las sacudidas del estruendo del cañon de un modo indirecto y suave.

La temperatura para el cronómetro debe ser igual; lo que se consigue facilmente por medio de una lámpara semejante á la lantia de bitácora, y con el correspondiente termómetro, para poder graduar el calor de la llama. Antes y despues de ser trasladado el cronómetro debe compararse con otro, para saber si ha hecho alguna diferencia.

Los cronómetros tienen cuerda generalmente para 48,^h y para 75; tambien los hay que la tienen para 8 dias. Una de las agujas de la esfera está destinada á advertir la conclusion de la cuerda, la que debe dársele siempre á la misma hora. Se indican las horas, minutos y segundos por medio de las agujas correspondientes. Hay cronómetros en los cuales el segundero da dos pasos por segundo, y ordinariamente da cinco cada dos segundos; condicion que facilita el poder apreciar décimos de segundo. Para poder saber exactamente la hora del cronómetro en un momento dado, se cuentan primeramente los segundos, luego los minutos y despues las horas.

Los pilotos de altura (se llaman asi para distinguirlos de los prácticos) hacen algunas de sus delicadas observaciones del modo siguiente:

Al tomar, por ejemplo, la altura de un astro, se situa el observador á una distancia no más que regular del que tiene el cronómetro, para que pueda hacerle oír su voz en el momento supremo. El del cronómetro mira atentamente el curso de la aguja de segundos desde que se le ha dado la voz de *listo* por el observador, contando en alta y clara voz 1, 2, 3, 4, 5, etc.; al llegar á 10, comienza otra vez 1, 2, 3, 4, es decir, contando solamente las unidades, hasta que el observador le da la voz de *top*, al hallar el contacto deseado. Al momento el

(1) (*Anales maritimes*, 1840.)

del cronómetro apunta los segundos y décimos, los minutos y despues las horas.

Cuando la observacion se hace en tierra, y en circunstancias desfavorables para poder oír el observador la voz del que lleva el cronómetro, entonces se emplea otro reloj, que por el oficio que hace se le da el nombre de *acompañante*, cuyo movimiento no es necesario que sea tan uniforme como el del cronómetro. Se comparan los dos antes de hacer la observacion para hallar las horas de ambos en un mismo instante, á fin de poder saber la diferencia. De los dos que hacen la comparacion, el mas listo, que es el que lleva el acompañante, apunta la hora y minutos que señalará el cronómetro cuando el segundero llegue á la division 60, y despues la hora y decenas de minuto que señalará el acompañante. Cuando la aguja segundera del cronómetro se aproxima á los 50, da al momento el observador del mismo la voz de *listo*, contando desde luego en alta voz 1, 2, 3, 4, etc., y pronunciando con rapidez la voz de *top* al llegar dicha aguja á la division 60.

Para poder apreciar la hora del cronómetro correspondiente á la del acompañante en el momento de la observacion, al compararlos antes ó despues se pone á la diferencia el signo + cuando el acompañante está atrasado, ó el signo - cuando está adelantado, aplicando á la hora del mismo la correccion con su signo: de este modo se obtiene la hora del cronómetro en el momento de la observacion. (1)

(1) Aunque parezca impropio poner el signo + cuando el acompañante está atrasado respecto al cronómetro, y el - cuando adelanta, debe no obstante ser asi para hacer despues la correccion.

EMPLO. Comparacion.	{	Hora del cronómetro.	=	6 ^h	32 ^m	00 ^s
		» del acompañante.	=	4	13	15
		Diferencia = correccion.		2	18	45
		Hora del acompañante en el momento de la observacion.	=	4 ^h	21 ^m	9 ^s ,7
		Correccion.....	+	2	18	45
		Hora del cronómetro en el instante de la observacion....	=	6	39	54 7

Para las observaciones y cálculos se rigen los náuticos á horas de tiempo medio del meridiano de San Fernando.

Estado absoluto.

Se entiende por *estado absoluto* de un cronómetro lo que está adelantado ó atrasado respecto al tiempo medio de un meridiano, en un día y hora que se designa; y por *movimiento diario* se entiende lo que discrepa en 24 horas, ó sea la diferencia que, en dos medios días consecutivos, tiene lugar entre los dos correspondientes estados absolutos del cronómetro.

Los náuticos suelen aprovechar cuantas ocasiones oportunas se les ofrecen para determinar escrupulosamente el estado absoluto del cronómetro, tanto en alta mar como en puerto; mas cuando están en puerto donde hay observatorio astronómico, pueden saber dicho estado por medio del péndulo arreglado á tiempo medio, (1) siéndoles así mas fácil que por medio del cálculo por alturas y distancias de los astros.

También se hace la observación desde á bordo por medio de una señal convenida que se da en el observatorio, la cual suele consistir de día en una bola que se arria por un palo especial, al ser 0^h de tiempo medio en el meridiano designado.

Cuando la observación se hace de noche, consiste la señal en la llamarada que produce el incendio instantáneo de cierta cantidad de pólvora preparada al efecto.

Sería difícil describir las observaciones y cálculos que en la náutica se llevan á cabo con el auxilio del cronómetro: no emprendemos tan engorrosa tarea, porque por una parte no

(1) Los relojes de los observatorios son unos péndulos de gran precisión, sin sonería, semejantes á los que tenemos algunos relojeros, para nuestras observaciones.

entra en el limitado plan de este nuestro trabajo, y por otra no reportarian de ello ninguna utilidad nuestros amigos. El fin que nos hemos propuesto al hablar del cronómetro ha sido solamente dar á conocer en lo posible á nuestros parroquianos tan importante instrumento.

Longitudes en tiempo.

Por su conexión con la materia que precede, y porque tal vez podrá ser útil á algunos, (sobre todo á los que suelen viajar) damos á continuación una tabla que servirá para saber en un instante la hora de cualquiera de las capitales de provincias de España, y por consiguiente para averiguar con facilidad la diferencia de meridiano de unos puntos á otros.

El uso de la tabla es muy sencillo. En ella se ve, por ejemplo, que el meridiano de Madrid está 17^m 16^s al occidente de Lérida; lo cual se deduce fácilmente, porque cuando en Lérida son 12^h no cuenta Madrid mas que 11^h, 42^m 44^s. Lo contrario de esto sucede en los pueblos ó puntos que están al oriente, como Tarragona, Barcelona, Gerona y la isla de Palma: estas capitales tienen su hora adelantada á la de Lérida, por la sencilla razón de ser puntos orientales al meridiano de esta ciudad.

Para mayor facilidad en el uso de esta tabla hemos arreglado todos los meridianos en orden al de Lérida, tomando como primer meridiano el de esta ciudad: de este modo, para poner el reloj en hora de cualquiera de las capitales situadas al occidente de Lérida, no habrá más que mirar las horas, minutos y segundos que segun la tabla corresponden al meridiano propuesto cuando en Lérida son 12^h, y en esta misma hora hacer que el reloj señale la indicada en la tabla, sin tener que contar ni deducir nada.

Pero si esto mismo se hiciere fuera de las 12^h, y también sin querer contar ni deducir, en tal caso deberá atenderse tan solo á los minutos y segundos de la tabla, sin tener en

cuenta para nada la columna de horas; pero haciendo siempre la operacion cuando el reloj señale una hora entera, *en punto*. Asi por ejemplo, cuando el reloj puesto en hora de Lérida señalaré 6^h, se tendría inmediatamente en hora de Pontevedra atrasándolo hasta que marcasse 5^h, 23^m 2^s; esto es, deberá el reloj señalar una hora menos, más los minutos y segundos tal como está indicado en la tabla para las 12^h.

Si se quisiere poner el reloj en hora de uno de los puntos orientales indicados en la misma tabla, sería aún más fácil que para los occidentales, pues bastaría *en cualquier instante* adelantar el reloj la misma diferencia de meridiano marcada en minutos y segundos en la tabla.

Sea la hora de Gerona la que queremos que el reloj señale: supuesto que éste marca la de Lérida, no hay más que adelantarlo 8^m 45^s para que señale la hora de aquella capital.

En las diferencias de meridianos que no vienen al segundo exactamente, como Albacete, Alicante, Burgos, etc., hemos expresado sus tiempos *al décimo de segundo*.

No dudamos de la exactitud de estas diferencias de meridianos, por haberlas fundado todas en datos que, sobre longitudes, nos ha suministrado el esclarecido Director de uno de los principales observatorios astronómicos.

Hora de cada capital de provincia

CUANDO EN LÉRIDA SON 12^h.

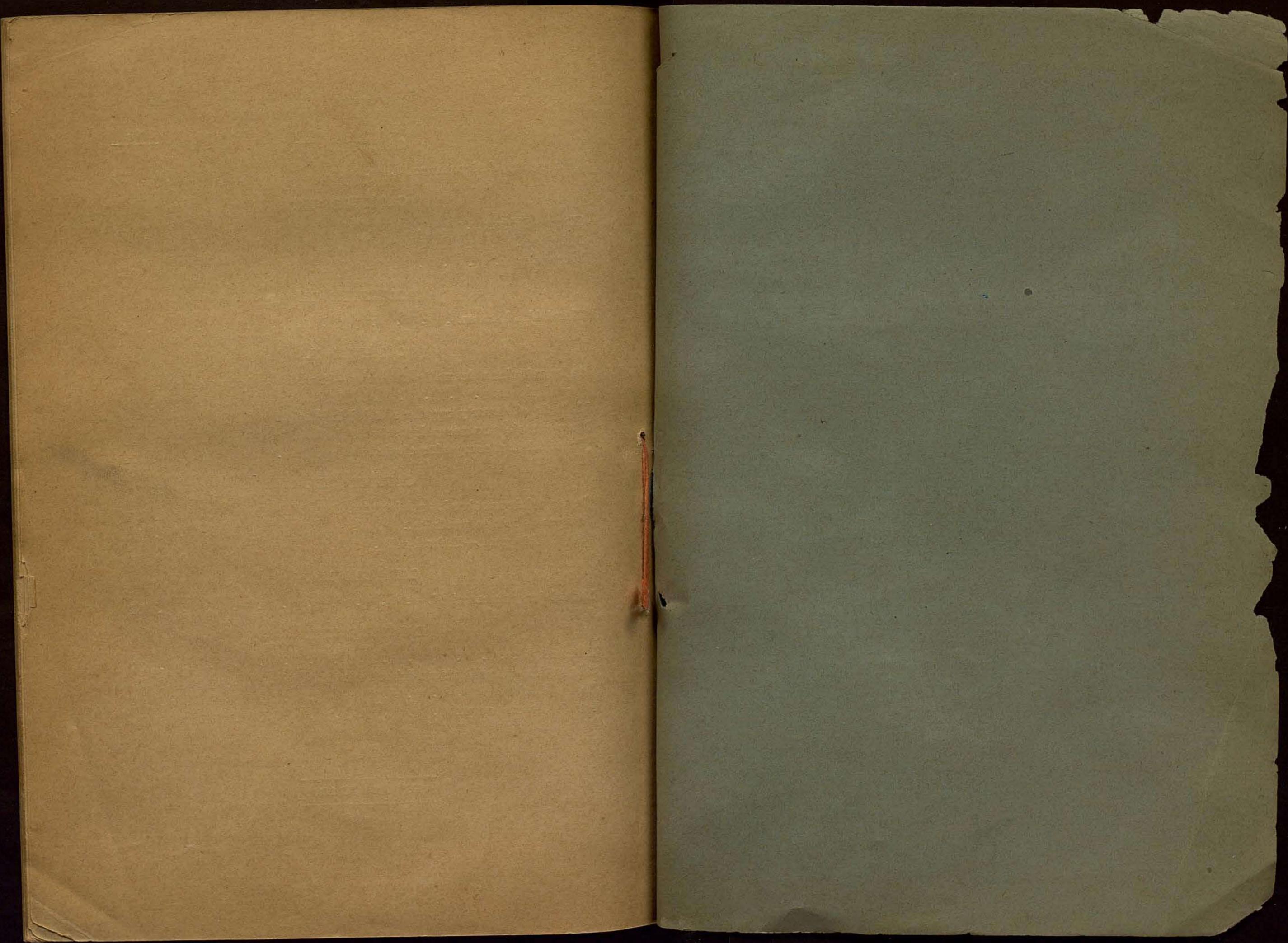
Horas Minutos Segundos.			Horas Minutos Segundos.		
Albacete.	11	50 3,6	Lugo.	11	27 17,0
Alicante.	11	55 33 6	Madrid.	11	42 44 0
Almeria.	11	47 29 0	Málaga.	11	39 43 0
Ávila.	11	38 42 0	Murcia.	11	52 56 0
Badajoz.	11	29 38 0	Orense.	11	26 2 0
Barcelona.	12	6 7 0	Oviedo.	11	34 14 0
Bilbao.	11	45 47 0	Palencia.	11	39 20 1
Burgos.	11	42 39 6	Palma.	12	8 1 0
Cáceres.	11	32 8 0	Pamplona.	11	50 55 0
Cádiz.	11	32 18 3	Pontevedra.	11	23 2 0
Castellon.	11	57 16 0	Salamanca.	11	34 48 8
Ciudad-Real.	11	41 46 1	Santander.	11	42 13 0
Córdoba.	11	38 14 0	Segovia.	11	40 58 4
Coruña.	11	23 54 0	Sevilla.	11	33 28 0
Cuenca.	11	48 56 5	Soria.	11	47 22 0
Gerona.	12	8 45 0	San Sebastian.	11	49 30 0
Granada.	11	42 56 0	Tarragona.	12	2 32 0
Guadalajara.	11	44 48 5	Teruel.	11	53 1 0
Huelva.	11	29 39 0	Toledo.	11	41 21 0
Huesca.	11	55 48 0	Valencia.	11	55 59 4
Jaen.	11	43 6 0	Valladolid.	11	38 36 7
Leon.	11	35 17 0	Vitoria.	11	46 53 0
Lérida.	12	0 0 0	Zamora.	11	34 30 0
Logroño.	11	47 43 0	Zaragoza.	11	53 57 0

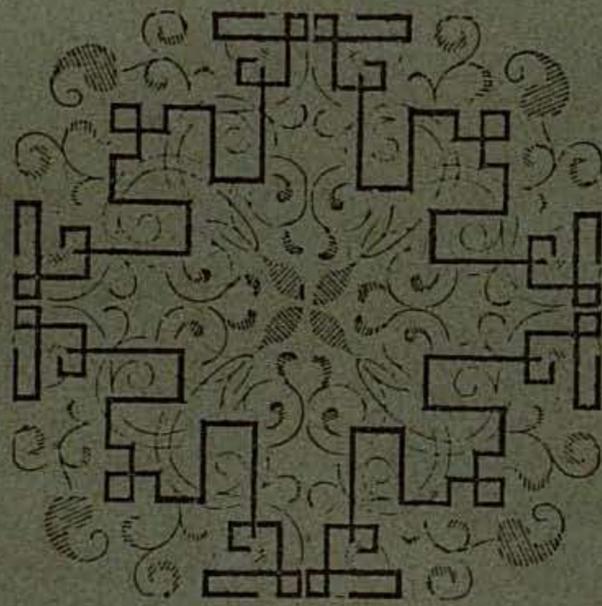
INDICE.

	Pag.
PRÓLOGO.	V
CAPÍTULO I.	
La Relojería.—Su origen.	9
CAPÍTULO II.	
Los dos tiempos.	19
Ecuacion de tiempo.	24
CAPÍTULO III.	
Modo de trazar la línea meridiana en un plano horizontal.	30
Medio inconducente que algunos practican para hallar el meridiano.	34
De los inconvenientes en el uso de la aguja magnética para hallar el meridiano.	36
CAPÍTULO IV.	
Modo de hallar la hora de tiempo verdadero sin necesidad de la línea meridiana.	39
CAPÍTULO V.	
Curva de ecuacion.	41
CAPÍTULO VI.	
De otras clases de relojes solares.	47

	Pag.
CAPÍTULO VII.	
Orto y ocaso de los astros.	53
CAPÍTULO VIII.	
Tiempo Sidéreo.	56
Práctica.	61
Precauciones.	62
CAPÍTULO IX.	
Efemérides lunares.	64
CAPÍTULO X.	
De las máquinas de medir el tiempo.—Causas que influyen en sus variaciones.	68
Modo de observar y regular el reloj de bolsillo.	70
Buen manejo y conservacion del reloj de bolsillo.	72
¿Como sabrá el comprador elegir buen reloj?	74
CAPÍTULO XI.	
Cuatro palabras sobre los relojes péndulos, de cuadro y sobremesa.	77
Escapes de relojes péndulos.	82
Relojes eléctricos.—El farol-reloj.	82
CAPÍTULO XII.	
Los relojes y su exactitud.	84
CAPÍTULO XIII.	
El cronómetro.	88
Sobre el uso y buen manejo del reloj de longitudes.	91
Estado absoluto.	94
Longitudes en tiempo.	95

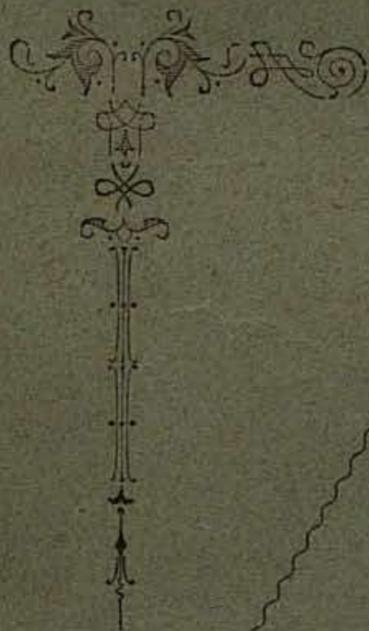
ES PROPIEDAD.





EL
TIEMPO

Y



6

BREVES

INSTRUCCIONES

PARA EL EXACTO CO-
NOCIMIENTO DEL TIEMPO

y buen uso de las máqui-
nas que lo miden,

POR

JOSÉ Y FRANCISCO. PANÉ, hermanos.

RELOJEROS EN LÉRIDA.

