
ANALEMA

BOLETÍN DE LA ASOCIACIÓN DE
AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

- 1 EDITORIAL Editor
- 2 ABSTRACTS Redacción
3. CUADRANTES ORTOMERIDIANOS
DE REFRACCIÓN R. Soler
6. ERRORES COMETIDOS EN EL CÁLCULO DE
LOS RELOJES DE SOL MM. Valdés
12. RELOJES SOLARES DE DIFRACCIÓN M. Catamo y
C. Lucarini
20. RESEÑAS DE PUBLICACIONES Redacción
19. LA REFORMA GREGORIANA A.M. Ramos
22. NOTAS Y COMENTARIOS Redacción
25. TABLAS DE DECLINACIONES, ECUACIÓN DEL
TIEMPO Y FASES DE LA LUNA PARA 2002 --- MM. Valdés

Nº 33

SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2001

ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

ISAAC PERAL 48. 28040 - MADRID

JUNTA DIRECTIVA

Presidente: Luis Hidalgo Velayos
Vicepresidente: Jacinto del Buey Pérez
Secretario Gral: Manuel Lombardero Soto
Tesorero: Antonio de Vicente Candeira
Bibliotecario: Jesús de la Calle Montes

Consejo de Redacción: Vocales
Manuel María Valdés Carracedo
Javier Moreno Bores
Miguel Ángel Hacar Benítez

Vocales Asesores:
Antonio Angulo Álvarez
Baltasar Soteras Elía
José Esteban Esteban

Socios de Honor:
Rafael Soler Gayá
José Luis Basanta Campos

La Asociación de Amigos de los Relojos de Sol fue creada en abril de 1988. Está legalmente reconocida y figura en el registro nacional de Asociaciones con la referencia N-18685. Constituye una entidad no lucrativa cuyos fines son el desarrollo y fomento de las investigaciones y estudios sobre temas históricos, geográficos, matemáticos, arquitectónicos y literarios relacionados con la difusión de los conocimientos relativos al cálculo, trazado, construcción, revisión y emplazamiento de los Relojos de Sol y otros instrumentos análogos. Para el cumplimiento de estos fines se celebran reuniones periódicas, se mantiene contacto con otras Asociaciones o Entidades semejantes y se publica cuatrimestralmente un Boletín Informativo denominado "Analema", abierto a la colaboración de todos sus lectores. -----

La Asociación ofrece a sus asociados los siguientes servicios:

- Comprobación y datación de cuadrantes y relojes antiguos.
- Información Bibliográfica referentes a temas relacionados con la Gnomónica
- Traducción o revisión de artículos de revistas, boletines y publicaciones.
- Asesoramiento para la construcción o reparación de relojes solares.

Estos servicios son prestados a sus Socios a título gratuito, o a coste estricto a las personas o entidades que así lo soliciten y sean presentadas por algún Socio. Los servicios de asesoramiento serán totalmente gratuitos para las entidades de carácter cultural

Para obtener la condición de Asociado es necesario la presentación por un socio de la persona o entidad interesada, y su admisión por la Junta de Gobierno. La cuantía de su aportación económica como cuota anual es fijada libremente por el propio asociado, pudiendo ser nula si así lo desea. No obstante, para recibir el presente Boletín y el resto de las publicaciones de la Asociación deberá aportar el equivalente a los gastos de confección y envío postal del mismo.

En general y salvo indicación expresa, los artículos publicados en este Boletín podrán ser reproducidos o utilizados, citando su procedencia y previa comunicación a esta Asociación. Se exceptúan los casos en los que se indique la existencia de derechos de propiedad del autor, o cualquier otro tipo de impedimento legal.

La Asociación no se hace, en ningún caso, responsable del contenido o interpretación de los escritos, gráficos, fórmulas, tablas, ni de ningún otro tipo de información contenida en los Boletines o en sus publicaciones colectivas. Agradece cualquier tipo de crítica, comentario, discusión o reseña de los mismos, que será transmitida a su autor y publicada en el Boletín si, a juicio de la Junta, su interés y generalidad lo hiciese conveniente.

Se reserva el derecho de adaptar, resumir, comentar o editar, con el previo conocimiento de su autor, los originales recibidos para su publicación. Su extensión no deberá exceder de seis folios, incluyendo ilustraciones, salvo que su contenido aconseje publicarlos en varios números sucesivos o en forma de separata del Boletín.

EDITORIAL

El vertiginoso desarrollo de las aplicaciones tecnológicas de las Ciencias está influyendo aceleradamente en todas las actividades humanas, hasta el punto que constituye una segunda y amplificada Revolución Industrial de consecuencias aún no previstas por nuestra Sociedad actual. Como es natural este proceso de cambio también se refleja en los procedimientos de cálculo, conservación e investigación utilizados en el desarrollo de la Gnomónica.

Es indudable que hoy día todos los procedimientos prácticos de cálculo y diseño de relojes solares se basan en el ordenador. Se han elaborado, y son fácilmente accesibles, varios programas que permiten calcular e incluso dibujar en unos instantes relojes convencionales de todo tipo, en cualquier lugar geográfico y posición.

El ordenador es también indispensable para el desarrollo efectivo de nuevos tipos de relojes: reflectantes, de refracción, de difracción y probablemente dentro de poco tiempo, de luz polarizada, o incluso de radiaciones solares de otras longitudes de onda.

Con respecto a las investigaciones históricas y toma de datos de relojes ya existentes, los sistemas de localización geográfica GPS, el desarrollo de las cámaras electrónicas y las facilidades de tratamiento y almacenamiento de sus imágenes, permiten obtener rápidamente un cúmulo de datos impensable hace tan solo una decena de años.

Más importante aún es el desarrollo fulgurante de las redes y sistemas de comunicación que permiten el contacto casi instantáneo entre personas o entidades con intereses comunes, en nuestro caso el desarrollo de la Gnomónica, y el cómodo acceso a las bases de datos que existen o puedan crearse.

Pero estas facilidades tecnológicas todavía no han sido totalmente asimiladas por los posibles usuarios de las mismas. Nos referimos concretamente a la decena de Asociaciones de Gnomonistas que actualmente existen.

Comenzando por los términos y nomenclatura: aún no se ha unificado una nomenclatura aceptada y utilizada por todas o la mayoría de las Asociaciones para la presentación de sus publicaciones. Cada autor utiliza sus propias notaciones, con un empleo arbitrario aunque para él muy lógico o tradicional, de las abreviaturas, letras griegas, mayúsculas, minúsculas, acentos, subíndices, superíndices, signos cabalísticos e incluso ortografía, con la consiguiente desorientación o al menos molestia de quien quiera desentrañar o profundizar sus escritos.

Incluso el vocabulario no ha sido normalizado, aunque ya se han hecho esfuerzos en la presentación de un vocabulario internacional en varios idiomas, y se ha publicado un glosario mas o menos aceptado por la Comunidad del Gnomon.

También es sorprendente que las ya considerables bases de datos existentes en varias Asociaciones no estén integradas en un sistema común. De hecho los sistemas de almacenamiento de datos que se utilizan son incompatibles o tan diferentes entre sí que no es posible el intercambio de los mismos. Y además los datos recogidos no son homogéneos.

Es evidente que esta situación ha de cambiar rápidamente. Para contribuir a este cambio y simplificación sería muy conveniente establecer contactos directos entre las personas interesadas en la Gnomónica, preferentemente a través de las respectivas Asociaciones de los diferentes países. Estimamos que cada Asociación debería nombrar una Comisión de Normalización que estableciese una serie de Recomendaciones a sus Asociados, entre las cuales la advertencia de restringir en sus Boletines la publicación de escritos en los que no se emplease la nomenclatura internacional, la unificación de los formularios y bases de datos, normas de dibujo y presentación, y cuantas iniciativas contribuyan a facilitar la interpretación y comprensión de las elucubraciones de numerosos gnomonistas, que contribuyen eficazmente al desarrollo de nuestra amada Ciencia y no son adecuadamente apreciadas por dificultades de lectura.

Esperamos los comentarios de los lectores que defiendan su propia notación y nomenclatura con exclusión de cualquier otra (que seguramente será más arbitraria y menos lógica).

EDITOR

ABSTRACTS

3 DESIGN OF REFRACTION SUNDIALS

In our last Bulletin Dr. Ing. R. Soler published an article about Bifilar Sundials. By now he exposes two meridian dials of a rather unusual class: **Refraction dials**. The hour is not pointed out by the shadow of a gnomon, but by lines of light that appears on the face of a translucent metacrilate block, appropriately shaped and provided with a conveniently graduated dial. In order of do not include too many formulae and calculus he refers the reader to his book *"Diseño y Construcción de Relojes de Sol y de Luna"* (*"Design and Construction of Sun & Moon Dials"*). Two elegant dials are designed, as we can see in the figures included in this article.

6 ERRORS IN SUNDIALS OWED TO SIMPLIFICATION OF BASIC HYPOTHESES

An analysis of some errors that could be committed in sundials design by using the simplifying hypothesis commonly adopted. The author studies minutely the effects of: -Angular variation of the apparent Sun-position; -Light aberration; -Refraction; -Sun declination; -Substitution of hour curves by straight lines, in temporal dials. He concludes that only refraction may affect some dials in the early and last hours of the day. The other sources of error are negligible for latitudes under 50°. A reassuring conclusion.

11 DIFFRACTION SUNDIALS

In this same Bulletin an article about Refraction Sundials is published. By now another physical property of light is used to draw on a brand-new type of Sundials: **Diffraction**.

M. Catamo and C. Lucarini have investigated the existent relation between the position of the light beam produced by the diffraction net created by the microgrooves of an ordinary CDR, when exposed to Sun rays, and the three coordinates defining the Sun position, azimuth, hour angle and height.

They apply those properties to the design of equatorial, horizontal and vertical dials, even the Oughtred dial is considered in his examples. A very original and startling article, previously published in *"Compendium"*, Bulletin of the N.A.S.S. and *"Astronomia"*, Bulletin of the U.A.I.

17 BOOKS REVIEWED

A) *"LA GONOMONIQUE"* by Denis Savoie, Chairman of the French *"Commission des quadrans solaires"* of the *"Société Astronomique de France"*. A second and amplified edition of his previous book: *"GNOMONIQUE MODERNE"*. It is a serious book about Gnomonics, with an ample mathematical basis, very clear and extensive. A very good book, indeed.

B) *"CALENDARIO LUNARIO. LA MISURA DEL TEMPO DELLA PREISTORIA A OGGI"* by Giovanni Paltrinieri. G. Paltrinieri is a prominent Italian gnomonist, author of many monumental sundials, and also an expert in old astronomical instruments, clock and watches. The book is lavishly decorated with pictures and drawings that - being its author an Italian- are of a pleasant artistic quality. A delicious book, I think.

C) *"MERIDIANI DI COMUNI D'ITALIA"*. This book is an excellent catalogue, and also a guide, of more than 12 000 Italian sundials. (In fact 12 643). It has been compiled by the *Sezioni Cadranti Solari* de la U.A.I. (Unione Astrofili Italiana). It is divided in fourth chapters. The first three are concerned with the astronomical basis of Gnomonic, the various systems of "time" and the most common types of sundials. The fourth chapter contains the catalogue itself. An index, 11 valuable appendices, regional maps and 127 colour photography are included. A magnificent and Herculean work. (Italy has 20 regions, 103 provinces and 8102 "comuni") Well done, *cari amici*

20 THE GREGORIAN REFORM

This is a second article about the Calendar. (First one was published in *"Analema 31"*). A. Moreno Ramos explains why the Julian Calendar was slowly becoming out of phase with the course of time, and how the Pope Gregory XIII issued the Papal Bull *"Inter Gravissimas"* in order to restore the disturbed calendar. As it is known the day after Thursday 04 October 1582 was nominated Wednesday 15 October. In Spain and other Catholic countries this new calendar was rapidly adopted, but English people do not adopt the "Papal Calendar" until 170 years later: In this case the day after 02 September 1752 was renamed 14 September. And in Russia the "new" Calendar (actually 336 years old) was not adopted till 1918 (31 January was accepted as 14, February). An interesting article, with many examples on how to reckon and fix some historical dates.

22. NOTES AND COMMENTS

1) Mr A. Cañones's page on Internet. 2) Commentary to a precedent article. 3) Another commentary. 4) A gnomonic joke by Xaudaró. 5) About the "Change of the day" line. 6) *"Analema"* Analytic Index

25 SUN DECLINATION, TIME EQUATION AND MOON PHASES FOR THE YEAR 2002

A table with numeric values of solar declination, Time Equation and Moon phases for the coming palindrome year 2002. As usual, computer-calculated by MMV.

En este artículo R. Soler Gayá nos presenta dos ejemplares de relojes de sol portátiles de un tipo poco común. La originalidad de estos relojes consiste en que en lugar de determinar la hora por la sombra de un gnomon, como en los relojes convencionales, se utiliza la refracción de la luz a través de un material transparente, en este caso metacrilato. Para no hacer el artículo demasiado largo abrevia los cálculos, remitiendo al lector a uno de sus libros sobre gnomónica cuyo título se indica al final de esta página. ML

CUADRANTES ORTOMERIDIANOS DE REFRACCIÓN

RAFAEL SOLER GAYÁ

Se expone a continuación el diseño y método de cálculo de dos tipos de relojes portátiles ortomeridianos de refracción, contruidos en metacrilato. Uno de ellos ha sido patrocinado conjuntamente por la Autoritat Portuària de Balears y por el Banco de Bilbao Vizcaya; y el otro por la Organización del Encuentro Gnomónico de Mallorca.

Los relojes del primer tipo han sido diseñados y contruidos para servir como obsequio al personal de aquel Ente Público, y uno fue entregado a los asistentes al visionado de diapositivas de relojes de sol acontecido en Madrid, en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos el día 25 de octubre de 1999. Asimismo los asistentes al Encuentro de Mallorca antes citado, el día 25 de abril del mismo año en Sineu, recibieron como obsequio un ejemplar del segundo tipo.

Según se observa en las dos figuras adjuntas ambos tienen una factura muy parecida, con líneas horarias de tiempo verdadero y líneas de declinación que corresponden a los días de cambio de mes zodiacal; el primero es inclinado, con 2 de base por 3 de altura y el segundo vertical. Ambos están calculados para la latitud de Mallorca; pero, dada su escala son utilizables en una discreta banda de latitudes de alrededor de los 40°; de hecho son autorientables si se conoce la fecha.

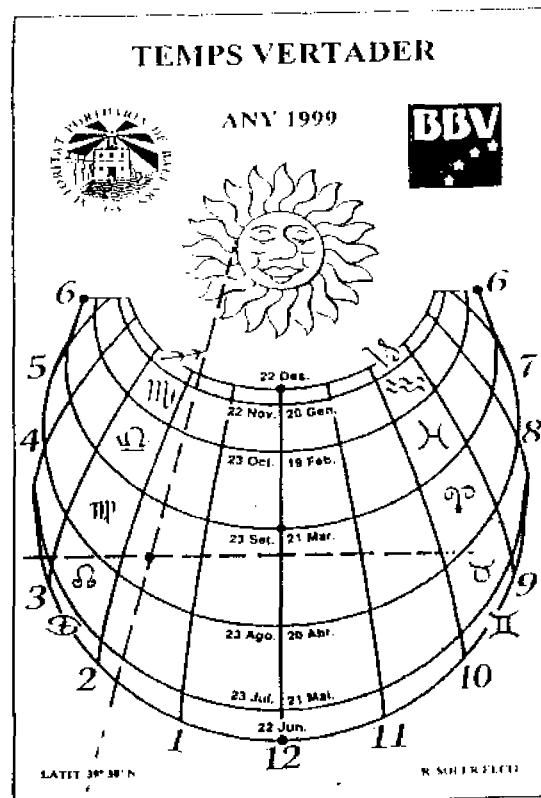
El punto de lectura viene dado por el cruce de las dos líneas de luz que retiene el plano del cuadrante y que se filtra por dos rendijas, vertical y horizontal, en la superficie no matizada de la cara opuesta.

Sus instrucciones de uso son bien sencillas:

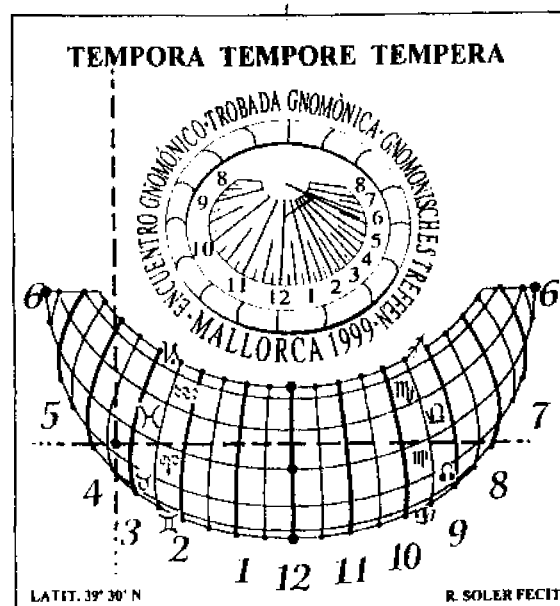
1. - Colocar la base sobre una mesa horizontal, con la cara del cuadrante hacia el lado contrario al del Sol.
2. - Estimar, por la fecha de lectura, la línea virtual que cabe considerar entre las contenidas en el cuadrante para el cambio de cada mes zodiacal, cuyo signo se observa en la correspondiente banda (dos por banda).
3. - Girando la pieza, situar el punto definido por la cruz de líneas refractadas sobre dicha línea virtual.
4. - Así el reloj da las horas en el tiempo verdadero del lugar.

Los cálculos para ambos cuadrantes son muy similares. Seguidamente se expone el del cuadrante inclinado, correspondiendo las notaciones y referencias de páginas que se hacen al libro del autor:

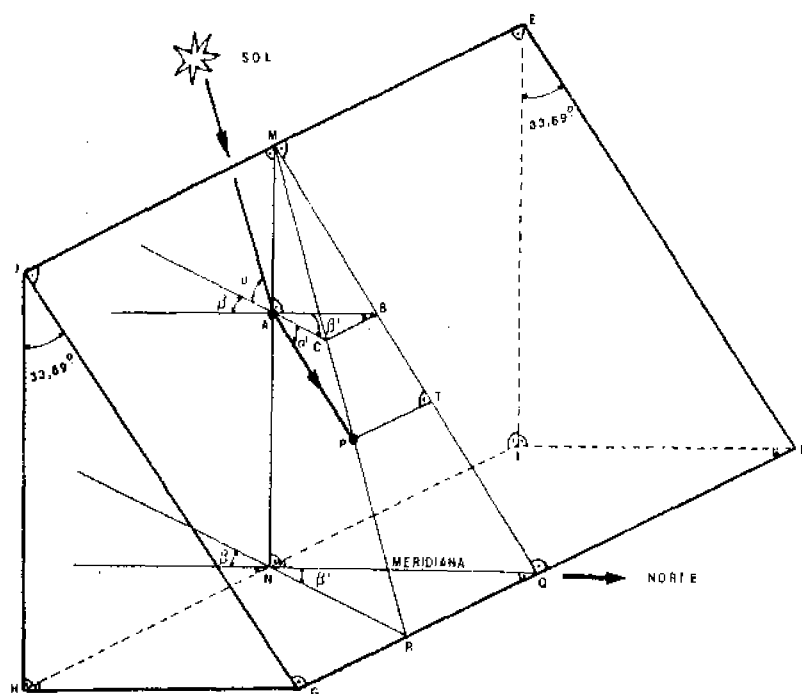
"Diseño y Construcción de Relojes de Sol y de Luna", edición 1998.



FAZ DEL RELOJ Nº 1



FAZ DEL RELOJ Nº 2



Sea (ver figura) un prisma de metacrilato (índice de refracción $n=1,49$) DEFGH orientado con G-F este-oeste; en el punto A de la cara vertical sur DEIH incide un rayo solar que se refracta en dirección AP, incidiendo en P en la cara oblicua; si N, M, B, T, se hallan en el plano meridiano, H, I, F, G, en plano horizontal, N, M, C, P, R, es el plano vertical que contiene el rayo refractado y A, B, C, se encuentra en el plano horizontal de A. Los cálculos que siguen van encaminados a encontrar un sistema de coordenadas cartesianas $x = PT$ e $y = MT$, con origen en M que permitan la definición tanto de las líneas horarias como de las de declinación, adoptando como unidad de longitudes la distancia MA.

De la consideración de la figura y de los distintos triángulos que en ella aparecen, con la simbología de notaciones definida en la pág. 17 del citado libro, resulta:

$$\overline{AC} = \frac{\overline{AB}}{\cos \beta'} \quad \text{y como } \operatorname{tg} 33,69^\circ = 2/3 :$$

$$\operatorname{tg} \hat{MCA} = \frac{\overline{AM}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{AM}}{\overline{AB}} \cos \beta' = \cos \beta' \operatorname{tg} \hat{MBA} = \cos \beta' \operatorname{ctg} 33,69^\circ$$

$$\hat{ACP} = 180^\circ - \hat{MCA} \quad \hat{MPA} = 180^\circ - (\hat{o}' + 180^\circ - \hat{MCA}) = \hat{MCA} - \hat{o}'$$

$$\frac{\overline{MP}}{\operatorname{sen}(90^\circ + \hat{o}')} = \frac{\overline{MA}}{\operatorname{sen} \hat{MPA}} \quad \text{si } \overline{MA} = 1:$$

$$\overline{MP} = \frac{\cos \hat{o}'}{\operatorname{sen} \hat{MPA}} \quad \hat{MPA} = \operatorname{arctg} \left[\frac{\cos \beta'}{\operatorname{tg} 33,69^\circ} \right] - \hat{o}'$$

$$\operatorname{sen} \hat{MPA} = \frac{\frac{\cos \beta'}{\operatorname{tg} 33,69^\circ}}{\sqrt{1 + \frac{\cos^2 \beta'}{\operatorname{tg}^2 33,69^\circ}}} \cos \hat{o}' + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\cos^2 \beta'}{\operatorname{tg}^2 33,69^\circ}}} \operatorname{sen} \hat{o}'$$

$$\overline{MP} = \frac{\cos \hat{o}'}{\frac{\cos \beta'}{\operatorname{tg}^2 33,69^\circ} \cos \hat{o}' - \operatorname{sen} \hat{o}'} \quad \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \beta'}{\operatorname{tg}^2 33,69^\circ}} = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}^2 33,69^\circ + \cos^2 \beta'}}{\cos \beta' - \operatorname{tg} 33,69^\circ \operatorname{tg} \hat{o}'}$$

...y en cuanto al ángulo CMB:

$$\operatorname{tg} \hat{CMB} = \frac{\overline{CB}}{\overline{MB}} = \frac{\overline{CB} \operatorname{sen} 33,69^\circ}{\overline{AB}} = \operatorname{tg} \beta' \operatorname{sen} 33,69^\circ$$

y pasando de coordenadas polares a cartesianas con origen en M y sentido positivo MQ:

$$x = \overline{PT} = \overline{MP} \sin \hat{CMB} \quad y = \overline{MT} = \overline{MP} \cos \hat{CMB}$$

que nos permite resolver el problema planteado pues:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{sen} \varepsilon}{\operatorname{sen} \varphi \cos \varepsilon - \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha} \quad (\text{pag. 41})$$

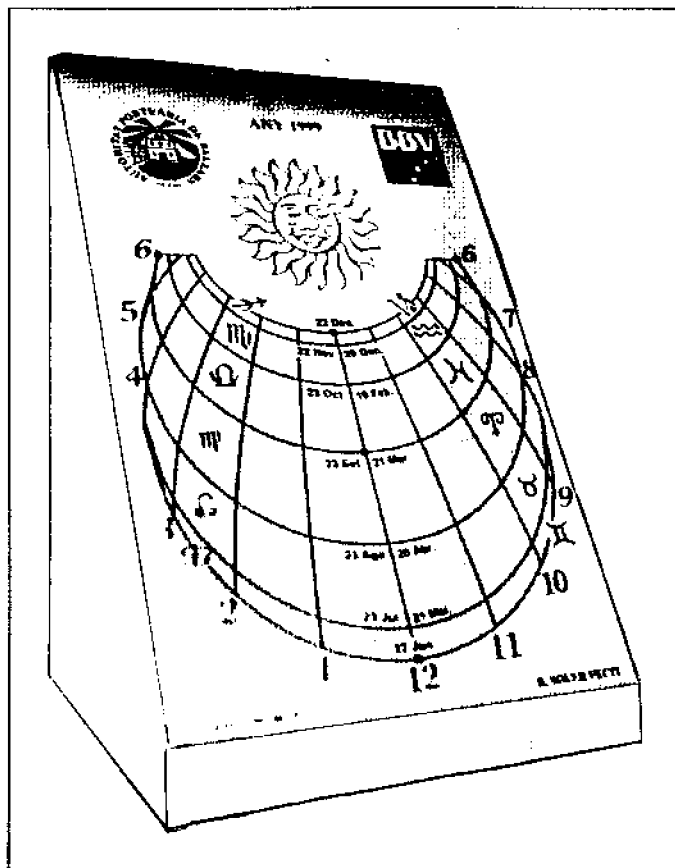
$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{\operatorname{sen} \beta'}{\operatorname{sen} \beta} \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{pag. 361})$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha' &= \frac{\cos \alpha \operatorname{sen} \varepsilon}{\sqrt{n^2 - (\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon)^2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{(\operatorname{sen} \varphi \cos \varepsilon - \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha)^2}{\operatorname{sen}^2 \varepsilon}} \cdot \\ &\cdot \frac{\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon}{\sqrt{1 - (\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon)^2}} = \\ &= \frac{\cos \alpha (\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon) \sqrt{\operatorname{sen}^2 \varepsilon + (\operatorname{sen} \varphi \cos \varepsilon - \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha)^2}}{\sqrt{n^2 - (n^2 + 1)(\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon)^2 + (\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon)^4}} \end{aligned}$$

Obviamente estos cálculos resultarían sumamente enojosos si no se recurriera al auxilio de un ordenador, como se ha hecho, ploteando incluso las curvas. Se omiten, por brevedad los cuadros de valores y gráficos originales correspondientes.

Es sumamente importante que el matizado de las superficies del prisma sea muy intenso y ello por dos razones: una para conseguir el máximo contraste entre la luz retenida de la que se filtra por las rendijas y la difusa del resto, y otra porque para declinaciones del Sol altas se alcanza en el prisma el ángulo de reflexión total, actuando este elemento como un catadióptrico en la parte pulida, por lo que, si no está totalmente deslustrada la superficie, la luz filtrada se refleja parcialmente y quedan debilitadas las rayas de luz; los ejemplares citados adolecen, en parte, de este inconveniente de falta de matizado.

RAFAEL SOLER GAYÁ



El autor analiza algunas de las simplificaciones que normalmente se admiten en las hipótesis de partida de la gnomónica. Todos sabemos de antemano que casi todas estas simplificaciones son perfectamente admisibles, dado el grado de precisión que es posible obtener por medio de un reloj solar, pero en este análisis M.M. Valdés expone detalladamente los valores absolutos de los errores que se introducen al admitirlas.

ML

ERRORES COMETIDOS EN EL CÁLCULO DE LOS RELOJES DE SOL AL SIMPLIFICAR LAS HIPÓTESIS DE PARTIDA

M.M. VALDÉS

ANTECEDENTES

En las líneas siguientes se aborda la evaluación de la magnitud de los errores que se cometen al simplificar las hipótesis de las que se parte habitualmente en el cálculo de los relojes de sol.

No se trata de la influencia que puedan tener en la hora señalada por el reloj los errores en los defectos de diseño, imperfecciones del trazado o orientación o situación erróneas del reloj como:

Errores en los datos (latitud, longitud, orientación, posición del plano del reloj, regularidad geométrica de la base del reloj, posición del gnomon, trazado de las líneas horarias y de tiempo...)

- Defectos de diseño (errores geométricos, de intersección de líneas, de dibujo, de la fijación de puntos por coordenadas...)
- Imperfecciones en la fabricación
- Posición incorrecta del reloj en relación con su situación geográfica¹

Tampoco se analiza la variación de la declinación magnética que influye en la fijación de la posición de los relojes portátiles que se orientan mediante una aguja magnética, pues es de todos conocida la poca precisión alcanzada.

SIMPLIFICACIONES ANALIZADAS

Una primera relación de las simplificaciones que se van a analizar es la siguiente:

- Velocidad angular del movimiento aparente del Sol (función de la posición de la Tierra en su órbita)
- Aberración de la luz
- Refracción
- Posición del reloj en la Tierra (esfericidad del globo terrestre)
- Declinación del Sol
- Sustitución de las curvas horariales por rectas en los relojes de horas temporarias

Espero que los lectores de Analema añadan otra serie de análisis que, más que tranquilizarnos (pues estamos muy tranquilos con los métodos actuales de cálculo), pongan de manifiesto su amor a los relojes de sol y contribuyan a demostrar que la gnomónica no es una ciencia que viva sólo de recordar su historia.

Todos los tratadistas admiten, implícita o explícitamente que la cuantía de los errores cometidos con estas simplificaciones es mínima, y, por supuesto, esta afirmación se puede confirmar con un primer examen de la cuestión, pero no es frecuente encontrar cuantificada su importancia.

Analema pidió en su día la colaboración de los lectores tanto en la enumeración de las simplificaciones como en su cuantificación. Nada más lejos de mi intención que intentar enmendar la plana a los tratadistas clásicos, sólo quiero dejar escrito estas breves notas algunas ideas, por supuesto muy simples, que no he encontrado en ningún texto. Agradeceré también noticias sobre escritos que aborden estos puntos.

A continuación se recogen mis respuestas a las preguntas planteadas.

VELOCIDAD ANGULAR del MOVIMIENTO APARENTE del SOL

Normalmente atribuimos al Sol una velocidad angular media, en el cielo de la Tierra, de 15° por hora. Esta es la convención habitual entre los diseñadores de relojes de sol. Sin embargo esta velocidad angular varía: es distinta según la posición de la Tierra en su órbita alrededor del Sol (o del Sol alrededor de la Tierra, como nos gusta imaginar a los gnomonistas)).

La Tierra gira alrededor de su eje con una velocidad angular de $7.292115 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ y se desplaza, en su órbita elíptica alrededor del Sol, a una velocidad que varía entre 29.3 km/s y 30.3 km/s. Como consecuencia de estos dos movimientos, si adoptamos un sistema de coordenadas polares situado en el plano del ecuador terrestre con centro en la Tierra (tomar la Tierra como centro del Universo también es práctica habitual entre los gnomonistas, que en este aspecto son precopernicanos), el Sol tardará en pasar por el mismo plano meridiano de la Tierra un tiempo igual a $2\pi / (7.292115 \times 10^{-5}) = 86,164.1 \text{ s}$, más el tiempo empleado en alcanzar la nueva posición del Sol debida a su desplazamiento en la Eclíptica durante ese tiempo.

¹ Era habitual considerar a los relojes de sol dentro de los enseres domésticos durante los cambios de residencia. Ya Plinio nos detalla un primer ejemplo de esta costumbre.

El ángulo girado por el radio vector Tierra-Sol en el sistema de coordenadas adoptado, será el mismo que el girado por el radio vector Sol-Tierra en el supuesto de que traslademos el centro de coordenadas al Sol. De acuerdo con las ecuaciones de Kepler, la trayectoria de la Tierra viene definida por:

$$\tan \frac{\omega}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} * \tan \frac{u}{2}$$

$$t = \frac{365.2422}{2 * \pi} * (u - e * \sin u)$$

siendo

a=constante (longitud)

ω = ángulo (radianes)

p= radio

u = anomalía excéntrica (radianes)

e =0.0167 excentricidad

t =tiempo (días) anomalía media

Si buscamos los valores del ángulo ω para una diferencia de un día, en el afelio y en el perihelio encontramos:

t(días)	ω (rad)	dif.(rad)	dif(°)
0	0,0000		
1	0.0178	0.0178	1.0178
183	3.1353		
184	3.1186	0.0167	0.9547

Teniendo en cuenta la velocidad angular de la Tierra, se necesita un tiempo de 244 s y 229 s respectivamente, para efectuar este giro en el afelio y en el perihelio respectivamente.

De estos datos podemos deducir que el tiempo que un observador, situado en la Tierra, mide, entre dos pasos sucesivos del Sol por su meridiano, es de 86,408 s en el afelio y de 86,393 s en el perihelio, lo que equivale a **velocidades angulares de 15.001° y 14.999°** (en cada hora).

La pequeña diferencia entre estos dos valores justifica plenamente nuestra confianza en los tratadistas de gnomónica, que ignoran este efecto.

El reloj de Sol marca fielmente el mediodía cuando el Sol pasa por el meridiano del lugar, ese instante es un punto fijo en la medida del tiempo verdadero. El desarrollo de las técnicas de medida del tiempo hacen que ese instante, que parecía un invariante, pierda su regularidad y deba ser corregido. Esta corrección introduce valores que deben ser cuantificados.

La falta de regularidad de la velocidad angular de la Tierra se pone de manifiesto al compararla con el tiempo atómico (TAI)², que actualmente señala una diferencia de 32 s con el tiempo UTC³

² El tiempo atómico internacional (TAI) se calcula por el BIPM a partir de los datos de más de 200 relojes atómicos situados en diferentes institutos de metrología o en observatorios. Se difunde cada mes en la Circular T del BIPM. Estimamos que el TAI no se diferencia de un reloj ideal imaginario en más de una décima de microsegundo (0.0000001 segundos) por año (adelanto o atraso)

Afortunadamente esta pequeña corrección no altera en nada las bases de cálculo de la Gnomónica. Apaños estaríamos si los gnomonistas tuviéramos que tener en cuenta la medida del giro de los electrones alrededor del núcleo de los átomos, teniendo como tenemos al Sol girando en el cielo.

ABERRACIÓN DE LA LUZ

Un observador situado en la Tierra no ve el Sol en la dirección que realmente ocupa en el espacio. La dirección del rayo de sol que percibimos, es la que resulta de componer vectorialmente la velocidad de la luz con la velocidad de la Tierra.

Este fenómeno, que se conoce con el nombre de aberración de la luz, es máximo cuando los vectores velocidad son ortogonales, como prácticamente ocurre en el caso de la Tierra y el Sol.

Dado que la velocidad de la luz es de 300,000 km/s y la de la Tierra en su órbita es de 30 km/s, resulta, cuando ambas velocidades son ortogonales, un ángulo de desviación del rayo de 1/10,000 o sea aproximadamente:

$$21'' \text{ (} 5.7 \cdot 10^{-3} \text{)}^\circ$$

como admitimos que la velocidad angular del Sol, en su giro diario virtual alrededor de la Tierra, es de 15° / hora, la variación del ángulo de visión del Sol, debida a la aberración, introduce un **error máximo de 1.33 segundos**.

Este error sólo podría ser apreciado si se pudiese leer esta fracción del tiempo con un reloj de sol.

REFRACCIÓN

La refracción de los rayos del Sol a través de las capas de la atmósfera produce un aumento del ángulo con el que percibimos la altura sobre el horizonte de la posición del Sol, manteniéndose el rayo en el plano vertical que pasa por el sol y por el extremo del gnomon.

Como consecuencia de este fenómeno tanto el ángulo horario marcado por la sombra del gnomon, como el camino diurno de la sombra que el extremo del gnomon señala, son diferentes de los que indicaría el rayo de Sol si no estuviese afectado por la refracción.

Este accidente ha sido tenido en cuenta desde hace muchos años. En el cuadro nº 1 se reproducen unas tablas tomadas del "*Nouveaux Traités de Trigonometrie. avec un Traité de Gnomonique.... par M. Deparcieux, Maître de Mathematiques.*" (Paris 1741)

³ El tiempo universal coordinado (UTC) es la base legal de la hora en el mundo. Deriva del TAI del que se diferencia en un número entero de segundos (actualmente 32). Estos segundos se intercalan por el "Servicio Internacional de la Rotación Terrestre" para asegurar que, como media a través de los años, el Sol pasa por el meridiano de Greenwich a las 12:00:00 UTC, con una aproximación de 0.9. UTC es, pues, el sucesor del tiempo medio de Greenwich, GMT, que se utilizaba cuando el día solar medio era la unidad de tiempo

TABLE IV. Des Déclinaisons du Soleil pour le commencement de chaque Signe.			TABLE V. Des Déclinaisons du Soleil corrigées des Réfractions, par lesquelles il faut calculer les arcs des Signes d'un Cadran, afin que le Soleil parcoure ces Courbes lorsqu'il est au commencement de chaque signe, à la Latitude de 48 d. 51'.			TABLE VI. Des Déclinaisons du Soleil, par lesquelles il faut calculer les arcs diurnes, afin que le Soleil les parcoure les jours qu'il paroît se lever à 4 h. à 5 h. &c. à la Latitude de 48 deg. 51'.			
D.	M.	S.	D.	M.	S.	H.	D.	M.	S.
♈	23.	18. 20.	♈	23.	28. 47.	Jours du Soleil.	IV.	22.	56. 48.
♉	20.	10. 41.	♉	20.	18. 12.		V.	12.	2. 48.
♊	11.	29. 14.	♊	11.	30. 32.		VI.	0.	42. 56.
♋	0.	0. 0.	♋	0.	1. 6.		VII.	13.	26. 30.
♌	11.	29. 14.	♌	11.	27. 30.		VIII.	24.	15. 32.
♍	20.	10. 41.	♍	20.	8. 10.				
♎	23.	18. 20.	♎	23.	25. 16.				

- tabla IV declinaciones del Sol al comienzo de cada signo
- tabla V declinaciones corregidas para que el Sol recorra las curvas de sombra, al comienzo de cada signo, en una latitud de 48° 51'
- tabla VI declinaciones corregidas para que el Sol recorra las curvas de sombra en los días en que sale a las 4 h, 5 h, 6 h etc en la latitud de 48° 51'

CUADRO N°1

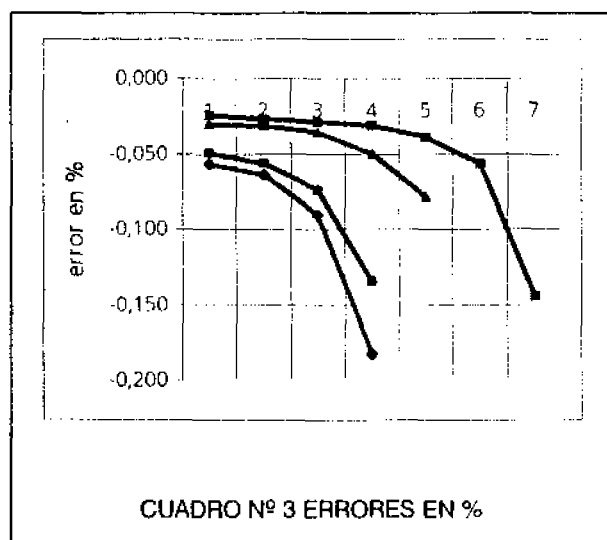
Como la corrección del ángulo de altura debida a la refracción depende del valor del ángulo, (por tanto no es la misma al mediodía que al finalizar o comenzar el día) no es correcto calcular la línea de sombra con un solo valor corregido de la declinación, como propone M. Deparcieux.

fi=	40 (°)								
delta=	24,00 (°)		22-nov-01						
t	(°)	0	15	30	45	60	75	90	105
h teórica	(°)	74,000	69,622	60,170	49,138	37,687	26,268	15,156	4,607
corrección	(°)	0,005	0,006	0,009	0,014	0,020	0,032	0,058	0,185
h real	(°)	74,005	69,628	60,179	49,152	37,708	26,300	15,214	4,792
teóricas x		0,000	0,252	0,527	0,854	1,294	1,994	3,494	10,986
teóricas y		-1,478	-1,464	-1,419	-1,329	-1,162	-0,831	0,000	4,580
acimut		0,000	-42,767	-66,674	-80,885	-88,699	-100,252	-108,833	-117,714
reales x		0,000	0,252	0,526	0,854	1,293	1,991	3,480	10,560
reales y		-1,478	-1,464	-1,419	-1,329	-1,162	-0,832	-0,005	4,356
hora señalada		0,000	14,996	29,992	44,987	59,981	74,971	89,949	104,849
Error %		0,00	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,06	-0,14

CUADRO N° 2 ERRORES EN LA LECTURA DE LA HORA PARA $\varphi = 40^\circ$ y $\delta = 24^\circ$

En el cuadro n° 2 se calcula el error cometido en la lectura de la hora en un reloj horizontal para una latitud 40°, a las horas 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, un día de declinación 24,0°. Repetido ese cálculo para declinaciones de 0°, -20, 20° y -24° los resultados se recogen en el cuadro n° 3. Se puede comprobar que las diferencias son irrelevantes.

En el trazado de las líneas diarias de sombra también se cometerá un error, si se calculan con las declinaciones teóricas. Para el mediodía y las declinaciones citadas en el párrafo anterior los errores expresados en % de la distancia del extremo del gnomon al plano del reloj son: 0,01%, 0,04%, 0,20% y 0,30%.



Para declinaciones de 24° , 0° y -24° se obtienen los siguientes errores:

a la hora	6^a	1,40%
a la hora	5^a	0,46%
a la hora	3^a	2,10%

que introducen diferencias muy pequeñas en la evaluación de la fecha.

No se recogen las diferencias que pueden aparecer en los relojes de horas temporarias por ser muy poco frecuente el empleo de este tipo de relojes.

Es fácil comprobar que el 22 de noviembre del 2001, a las 4 de la tarde, se produce un error de 1 día.

LATITUD

La posición del Sol respecto al plano del ecuador de la Tierra viene fijada por su declinación.

La posición del observador está definida, para los gnomonistas, por las coordenadas geográficas, (latitud y longitud). La combinación de ambos datos define la posición relativa del observador respecto al Sol, dato imprescindible para dibujar un reloj de sol.

Habitualmente, el observador supone que la Tierra es una esfera y que la gravedad es un vector que pasa por su centro. Sin embargo la posición verdadera del vector gravedad es la suma de la atracción de la Tierra y de la fuerza centrífuga. Otra forma de tener en cuenta este fenómeno es calcular la posición del plano horizontal del lugar como el plano tangente al elipsoide de Hayford (adoptado en la conferencia de Madrid de 1924 como figura más aproximada de la Tierra). Este elipsoide se definió con una excentricidad del $1/297$. Por tanto si llamamos R_e al radio ecuatorial y R_p al radio polar se cumple:

$$\frac{R_e - R_p}{R_e} = \frac{1}{297} \quad \frac{R_e}{R_p} = \frac{297}{296}$$

Partiendo de la ecuación de la elipse con semiejes R_e , R_p es fácil deducir:

$$\tan \alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{x}{y} \cdot \frac{R_p^2}{R_e^2} = \tan \alpha_e \cdot \left(\frac{296}{297} \right)^2$$

La latitud del punto en el círculo meridiano de la esfera que tenga su tangente paralela a la tangente en el elipsoide será $(297/296)^2 = 1.007$ veces la definida por las coordenadas geográficas.

Latitud geográfica 30° 40° 50° 60°

Latitud equivalente $30^\circ 10'$ $40^\circ 11'$ $50^\circ 11'$ $60^\circ 10'$

En la tabla anterior se recogen las pequeñas variaciones, que no superan los $11'$.

VARIACIÓN de la INCLINACIÓN de la ECLÍPTICA

Como consecuencia del movimiento multisecular (22.000 -26.000 años) del eje de la Tierra, su inclinación respecto al plano de la Eclíptica varía de acuerdo con:

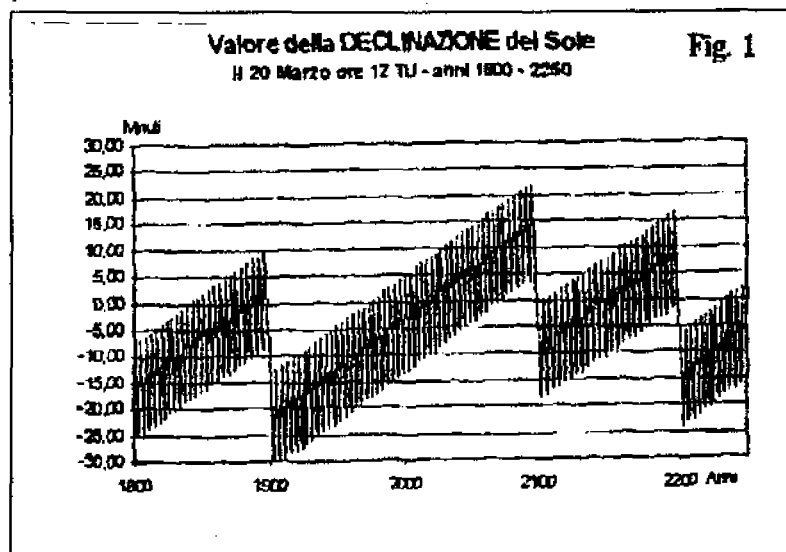
$$E = 23^\circ 26' 21,4448'' - 46815'' T = 234392902,00130042 T$$

siendo T el tiempo transcurrido desde el inicio del año 2000, expresado en siglos julianos de 36525 días. La declinación del Sol en un periodo venidero de 300 años julianos variará de 23.4392902° a 23.4002776° , o sea disminuirá en $2,3'$. Una meridiana horizontal, con el ocular colocado a 25 m de altura, en un lugar de latitud 40° producirá una señal luminosa situada a una distancia del pie del ocular 8.5 cm menor que en el año 2000. La variación de la distancia horizontal es menor del

$$0,085/25 \cdot \tan 63.439^\circ = 0,16 \%$$

Aunque el error es muy pequeño para los días de igual posición en el círculo zodiacal, las particularidades de nuestro calendario hacen que, en los días de igual situación en él, las diferencias en la declinación del Sol a las 12 horas (instante de cálculo habitual) puedan ser mucho más importantes.

Del artículo citado en la nota al pie (Gianni Ferrari) tomamos el gráfico que recoge la declinación del Sol a las 12 h del 20 de marzo en los años 1900-2250.



Comprobamos que desde los - 30' del año 1900 a los + 20' del año 2100 hay casi 1 grado de diferencia que puede alterar de forma importante la posición de la sombra del extremo del gnomon el mismo día del calendario en años sucesivos.

Gianni Ferrari recomienda utilizar en el cálculo una media de los valores previstos en el período de utilización del reloj, tomando siempre periodos múltiples de 4 años. También recomienda calcular la declinación a las 12 del tiempo verdadero en el lugar de utilización. Utilizando periodos de 4, 24, 48 años se puede obtener errores menores de 1/4 - 1/5 de grado

ERROR COMETIDO AL APROXIMAR LAS LINEAS HORARIAS MEDIANTE RECTAS

RELOJES DE HORAS TEMPORARIAS (DESIGUALES)

1.- LINEAS HORARIAS TEMPORARIAS

Es práctica habitual, en gnomónica, admitir que los relojes griegos y romanos se trazaban mediante el dibujo de las líneas de sombra en los solsticios y equinoccios, que, una vez divididas en doce partes iguales, permitían hallar las líneas horarias.

Las líneas horarias a que da lugar la división de la línea de sombra de cada día en doce partes iguales, son curvas de grado superior a dos, de compleja expresión en coordenadas cartesianas.

hora	I XI	II X	III IX	IV VIII	V VII
grado	12	6	4	3	12

Tolomeo (siglo I-II) ya había demostrado que los puntos solsticiales y equinocciales de cada hora se encuentran en un círculo máximo de la esfera celeste. ([1] pag. 54). **Schlüssel**, (el conocido jesuita Padre Clavio), demuestra en [2] que el resto de los puntos no se encuentran en el mismo círculo máximo definido por Tolomeo; en [3] hace notar que, para latitudes inferiores a 45°, la diferencia entre la curva real y el círculo máximo aproximado (el que pasa por los puntos definidos por Tolomeo) es despreciable. Por lo tanto el dibujo de la aproximación de una línea horaria, será una recta cuando la superficie del reloj sea un plano.

Settele en 1.816 [6] y **Delambre** en 1.817 [7] formularon las ecuaciones de estas líneas horarias. También trataron este tema **Biot**, **Montucla** y **Lalande**. **J. Drecker** en 1.925 estableció las ecuaciones cartesianas de las curvas horarias de un reloj ecuatorial, y tabuló sus diferencias con el círculo máximo, confirmando las afirmaciones de **Clavio**.

En esta nota voy a volver sobre el tema del error cometido al sustituir la curva exacta por su aproximación, el método empleado toma como punto de partida la expresión en coordenadas polares de las líneas horarias del reloj ecuatorial.

2.- RELOJ ECUATORIAL

Las ecuaciones paramétricas (parámetro δ declinación), en coordenadas polares (ρ y ω con origen de radios en el pie del gnomon o centro del cuadrante y de ángulos en la hora VI), de las líneas horarias de un reloj ecuatorial son:

$$\rho = \frac{1}{\tan |\delta|} \quad \omega = \frac{n}{6} * \alpha_0$$

$$\text{arco semidiurno} \quad \alpha_\delta = \arccos(-\tan \varphi * \tan \delta)$$

$$\cos \alpha_\delta = -\tan \varphi * \tan \delta$$

por tanto, la ecuación de la curva horaria n es:

$$\rho = \frac{\tan \varphi}{\cos(\frac{n}{6} * \omega)}$$

δ = declinación

φ = latitud

$n = 1, 2, 3, 4, 5$ hora V (VII), IV (VIII), III (IX), II (X), I (XI)

Para cada valor de n se obtienen dos ramas de la curva (asintóticas a la recta que pasa por el origen y tiene por coeficiente angular el valor $n/6 * \pi/2$), y que resultan simétricas respecto a esta recta. Los valores positivos y negativos de delta corresponden al verano o al invierno.

3.- APROXIMACIÓN MEDIANTE RECTAS HORARIAS EN EL RELOJ ECUATORIAL

De acuerdo con los autores antes mencionados, las líneas horarias se aproximarían mediante **rectas que pasasen por los puntos solsticiales y equinocciales**.

Los primeros serían los puntos que dividen los arcos de círculo correspondientes a los solsticios, en doce partes. Los segundos, situados en el infinito [$\tan(\delta)=0$], estarán definidos por rectas de coeficiente angular $n/6 * \pi/2$ que pasan por los puntos horarios de la línea de sombra diaria de los solsticios.

Razonaremos y dibujaremos para $\delta > 0$, aunque es inmediato establecer que en el segundo semestre valen igualmente las fórmulas, ya que las curvas horarias son simétricas respecto a las asíntotas.

En la figura (correspondiente al semestre en que $\delta > 0$) y en la que A es el punto aproximado, intersección de la recta equivalente con el círculo de radio $OA = 1/\tan \delta$, y V el punto verdadero. Si llamamos B al punto correspondiente a la hora n el día del solsticio de verano ($\delta = +24^\circ$), en el triángulo OAB, se cumple:

$$\frac{OA}{\sin(\frac{n}{6} * (\alpha_{24} - \frac{\pi}{2}))} = \frac{OB}{\sin(\omega - \frac{n}{6} * \frac{\pi}{2})}$$

$$\sin(\omega - \frac{n}{6} * \frac{\pi}{2}) = \frac{\tan \delta}{\tan(24^\circ)} * \sin(\frac{n}{6} * (\frac{\pi}{2} - \alpha_{24}))$$

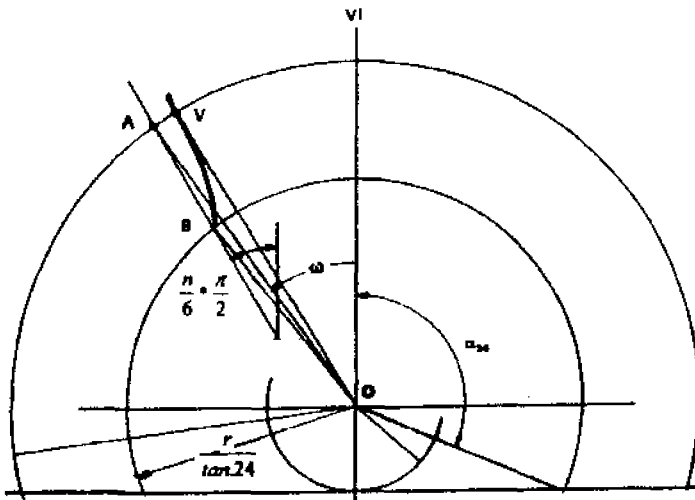
$$\omega = \frac{n}{6} * \frac{\pi}{2} + a \cdot \sin \left(-\frac{\tan \delta}{\tan 24^\circ} * \sin \left(-\frac{n}{6} * \left(\alpha_{24} - \frac{\pi}{2} \right) \right) \right)$$

por tanto:

$$\Delta = \frac{n}{6} * \alpha_{\delta} - \omega$$

el error relativo (Δ_r) cometido al sustituir V por B, será el arco BV dividido por la duración de una hora.

$$\Delta_r = \frac{\Delta}{\frac{1}{6} * \alpha_{\delta}} \quad [01]$$



Dibujo para $\phi = 40^\circ$

r = radio o distancia gnomónica α_{δ} = duración de mediodía
 ϕ = latitud $\cos = \text{tg } j \text{ Tg } d$
 e = inclinación de la eclíptica $\beta = \alpha_{24} - \frac{1}{2} \pi = \frac{1}{2} \pi - \alpha_{24}$

arco semidiurno en el solsticio de verano:

$$\alpha_{24} = \arccos [-\tan \phi * \tan 24^\circ]$$

arco semidiurno en el día δ :

$$\alpha_{\delta} = \arccos [-\tan \phi * \tan \delta]$$

Tabulada la expresión [01], y multiplicada por 100 para expresarla en tanto por cien de la duración de una hora, encontramos los valores que se recogen en la tabla nº 1 para latitudes comprendidas entre los 30° y 60° N.

Comprobamos de nuevo que los errores no son importantes: para latitudes menores de 50° el error máximo no supera el 2.1% y el 0.61% para latitudes inferiores a 40° . En cambio entre 50° y 60° de latitud N. el error aumenta sustancialmente, llegando a alcanzar valores cercanos al 10% en las épocas próximas a los solsticios.

LATITUD 30°		DECLINACIÓN					
		-24	-20	-15	-10	-5	0
V VII	1	0	0,06	0,08	0,06	0,04	0
IV VIII	2	0	0,11	0,14	0,12	0,06	0
III IX	3	0	0,13	0,18	1,62	0,08	0
II X	4	0	0,13	0,18	0,15	0,08	0
I XI	5	0	0,09	0,12	0,10	0,06	0

LATITUD 40°		DECLINACIÓN					
		-24	-20	-15	-10	-5	0
V VII	1	0	0,20	0,26	0,21	0,11	0
IV VIII	2	0	0,37	0,48	0,39	0,21	0
III IX	3	0	0,47	0,61	0,50	0,26	0
II X	4	0	0,47	0,61	0,49	0,26	0
I XI	5	0	0,33	0,42	0,34	0,18	0

LATITUD 50°		DECLINACIÓN					
		-24	-20	-15	-10	-5	0
V VII	1	0	0,74	0,90	0,70	0,36	0
IV VIII	2	0	1,37	1,66	1,28	0,66	0
III IX	3	0	1,75	2,11	1,62	0,83	0
II X	4	0	1,76	2,10	1,60	0,82	0
I XI	5	0	1,23	1,45	1,10	0,56	0

LATITUD 60°		DECLINACIÓN					
		-24	-20	-15	-10	-5	0
V VII	1	0	4,16	4,24	2,96	1,43	0
IV VIII	2	0	7,73	7,81	5,42	2,61	0
III IX	3	0	10,04	9,99	6,87	3,30	0
II X	4	0	10,29	10,00	6,80	3,24	0
I XI	5	0	7,42	7,00	4,68	2,21	0

TABLA nº 1 ERROR EN EL RELOJ ECUATORIAL
 (% del arco correspondiente a una hora)

4.- OTROS TIPOS de RELOJ

Dada la antigüedad de los relojes de horas temporarias, hoy completamente fuera de uso, no merece la pena desarrollar el tema para otros tipos de esta clase de relojes. Recordemos que todos ellos pueden obtenerse proyectando las líneas verdaderas y aproximadas del reloj ecuatorial. En consecuencia los errores serán del mismo orden de magnitud.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Commandinus ,F. (1.562) Roma (1.572) Venecia *De horologium descrittione*
- [2] Clavius , C (1.580) Roma. *Gnomonices*
- [3] Clavius , C (1.593) Roma. *Astrolabium*
- [4] Montucla (1.758)
 [...los romanos hubieron de encontrar grandes dificultades para trazar sus relojes...]
- [5] Settele (1.816) Roma. *Memoria sopra la forma della linee orarie*
- [6] Delambre (1.817) Paris. *Histoire de l'Astronomie Ancienne*
- [7] Biot *Astronomie Physique* 3ª edición
- [8] Drecker J. (1.925) Berlin. *Die Theorie der Sonnenuhren*

Los autores han investigado la relación que existe entre el movimiento de l rayo luminoso de refracción de la luz solar producida por un CD convenientemente graduado, orientado y observado y las tres coordenadas astronómicas del sol: acimut, ángulo horario y altura, y han utilizado tales relaciones para construir diversos tipos de relojes solares, sin gnomon y sobre un soporte completamente nuevo en gnomónica.

MC y CL

RELOJES SOLARES DE DIFRACCIÓN

MARIO CATAMO y CESARE LUCARINI

Se observa fácilmente que cuando la superficie de un Compact Disc es alcanzada por una fuente luminosa, presenta zonas de luz iridiscente que pasan por el centro del disco. Si la fuente luminosa no está muy cercana, la mancha de luz reflejada por el CD se convierte en una "recta" sutil, dispuesta radialmente y orientada en la dirección de la misma fuente. El fenómeno se verifica, en realidad, en cualquier superficie en la que se hayan practicado surcos concéntricos muy finos y próximos, siendo el CD bajo estas condiciones, una superficie particularmente idónea.

Este comportamiento óptico del disco es debido a los fenómenos de difracción provocados por el "retículo circular de reflexión" constituido por los "surcos" del disco, como se explica en la nota al final de nuestro artículo, debida a la aportación del nuestro amigo Edmondo Marianeschi.

Observando con atención el fenómeno advertimos que la recta "sigue" al Sol (como a cualquier otra fuente luminosa) según leyes muy complejas. De hecho la recta gira en todos los sentidos según dos factores: La posición en el espacio de la superficie reflectante respecto a la dirección de la fuente luminosa y la posición del ojo del observador. Nuestro objetivo es identificar las relaciones que se verifican entre la posición (y la rotación) del rayo de luz refractada y las coordenadas astronómicas del sol, que es la fuente luminosa mas natural y significativa para los gnomonistas.

La determinación de estas relaciones y de las leyes que la regulan confirmarán o desmentirán nuestra hipótesis: La recta, ligada en su rotación a las coordenadas astronómicas del Sol, debería indicar la hora.

El primer paso de nuestra investigación ha sido la determinación de las condiciones geométricas en la que el rayo luminoso refractado (que por brevedad indicaremos en lo sucesivo con el término de "recta") debe ser observada para poder estudiar el comportamiento con fines gnomónicos.

Somos partidarios de la colocación del disco en alguna de las clásicas posiciones de los relojes solares planos: horizontal, ecuatorial y vertical.

El paso decisivo para proceder positivamente en esta investigación fue el descubrimiento de la condición de perpendicularidad de la mirada respecto al centro del CD para "detener" la "recta" permitiéndole rotar solamente en dependencia del movimiento del Sol. Para obtener mas fácilmente y con mayor precisión esa posición, nos hemos servido de un pequeño espejo colocado debajo del centro del disco, consiguiendo así

una autocolimación inmediata. Naturalmente también es posible utilizar otros métodos de autocolimación.

Los resultados han confirmado plenamente la hipótesis de partida y los iremos exponiendo sucesivamente siguiendo una clasificación gnomónica. Hemos demostrado que es posible construir los relojes solares sin gnomon, utilizando el fenómeno óptico de la difracción. Naturalmente no ocultamos que existen algunas dificultades prácticas de construcción y utilización, también presentes en todos los relojes de sol, particularmente en los portátiles. El tiempo y la experiencia nos sugerirán las adaptaciones y perfeccionamientos que pueden ser de utilidad.

RELOJES SOLARES DE DIFRACCIÓN

1.- RELOJ SOLAR ACIMUTAL

Hemos trazado en el disco una graduación periférica de 240° grados, dividida en dos arcos de 120° cada uno. Con el fin de orientarlo, hemos establecido la dirección Sur coincidente con el 0°; así pues, colocamos el disco en posición horizontal y orientado, esto es, con la línea Norte- Sur del disco alineada con el meridiano local.

Constatamos que cuando el ojo se coloca perpendicularmente respecto al centro del círculo y a una distancia de 20-30cm, el observador percibe claramente la imagen de una recta que forma con la dirección 0° un ángulo igual al acimut del sol desde el Sur en el instante de la observación. Simétricamente, dado el carácter circular de la superficie reflejante, la línea forma un ángulo igual con la dirección opuesta.

Por lo tanto la recta corresponde a la intersección del plano vertical que pasa por el sol y por el centro del disco que está en posición horizontal. El observador, sin embargo, continua percibiendo la dirección del acimut del sol aunque su ojo se desplace, a condición de que se mantenga en el plano vertical que pasa por el Sol y por el centro del disco.

Por consiguiente, el disco que posee la características de un CD, que esté correctamente graduado, orientado y observado, mide el acimut del Sol y por tanto funciona exactamente como un reloj de sol acimutal horizontal con un estilo vertical fijo, siendo el acimut gráficamente transformable en la hora solar verdadera del lugar de observación.

Hemos dibujado por medio de la computadora, las líneas horarias de un reloj similar, con la escala horaria graduada según la fecha. Esto es, hemos calculado el

acimut del Sol en las distintas horas en el primer día de todos los meses y una vez marcados los puntos se unen con una curva continua. Estampamos el dibujo en un folio de poliéster transparente que hemos recortado para aplicarlo al disco (fig 1).

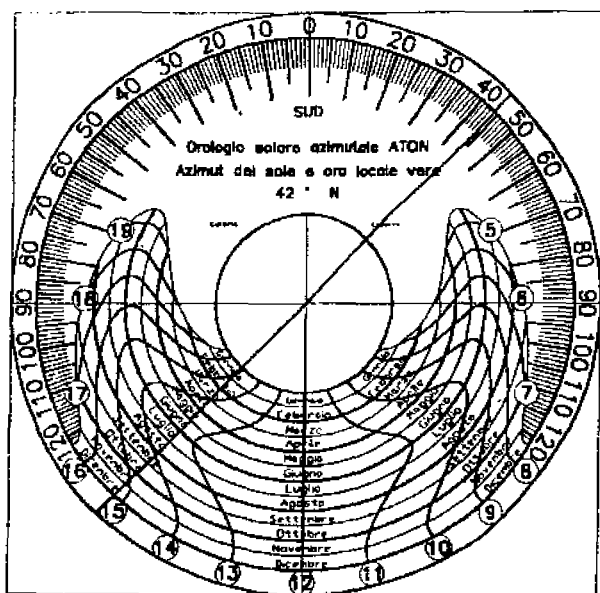


FIG. 1

Para el cálculo del acimut del sol nos valemos de la conocida fórmula

$$\operatorname{tg} Az = \operatorname{sen} AO / (\operatorname{sen} \varphi \cos AO - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta)$$

en la cual

Az = acimut del sol,

AO = ángulo horario del sol,

φ = latitud,

δ = declinación del sol.

Las líneas horarias están calculadas y dibujadas para la latitud de Roma y para la hora solar verdadera local, aunque nada nos impide seguir el cálculo y dibujar las líneas horarias para la hora verdadera del huso o incluso para las medias horas. La hora viene dada por el punto de intersección de la "recta" con la línea horaria que está en correspondencia con la fecha de observación.

La fig. 1 nos muestra el CD con el dibujo. La recta está representada por la línea que atraviesa radialmente el disco. El acimut mostrado en el 1º de Abril resulta de 44º. Simétricamente la línea indica la hora en el cuadrante opuesto: son las 14^h ya que corta al círculo correspondiente a la fecha de 1º de Abril en el punto de intersección de la línea horaria de las 14^h. Dada la forma tan particular de las líneas horarias es lógico que exista alguna dificultad en la lectura, superable con la práctica. Una solución, que agilita notablemente la lectura de la hora consiste en dibujar dos trazados, uno para el semestre estival y el otro para el invierno, como se podrá ver en las sucesivas figuras incluidas en el párrafo "Instrumento solar múltiple". Se debe advertir que cuando la declinación solar positiva es muy alta, esto es, en las proximidades del solsticio de verano, en las zonas próximas al mediodía se pueden observar efectos de reflexión que dificultan la lectura y que pueden corregirse o eliminarse con filtros adecuados.

2.- RELOJ SOLAR ECUATORIAL

Hemos colocado un CD, (siempre previa graduación periférica), sobre un plano ecuatorial, es decir, inclinado sobre el horizonte un ángulo igual a la colatitud del lugar de observación. Dicho plano, como es sabido, es iluminado por los rayos solares sobre la cara inferior cuando la declinación del sol es negativa, en el semestre invernal y sobre la cara superior cuando la declinación es positiva en el semestre de verano.

Habiendo orientado el disco de la manera descrita anteriormente, observamos que cuando el ojo se coloca perpendicularmente a la superficie del CD mirando la cara inferior en la época invernal y en la superior en la estación veraniega, el observador percibe claramente la imagen de una recta que forma con la dirección de 0º un ángulo igual al ángulo horario del Sol desde el Sur, en el instante de la observación, inmediatamente legible en hora gracias a la graduación adecuada. La colimación se obtiene como en el caso precedente.

La "recta" corresponde a la intersección del plano horario del Sol que pasa por el centro del CD con el plano del disco colocado en posición ecuatorial. (fig 2) El reloj representado en la figura señala la hora verdadera local de las 10^h 40^m.

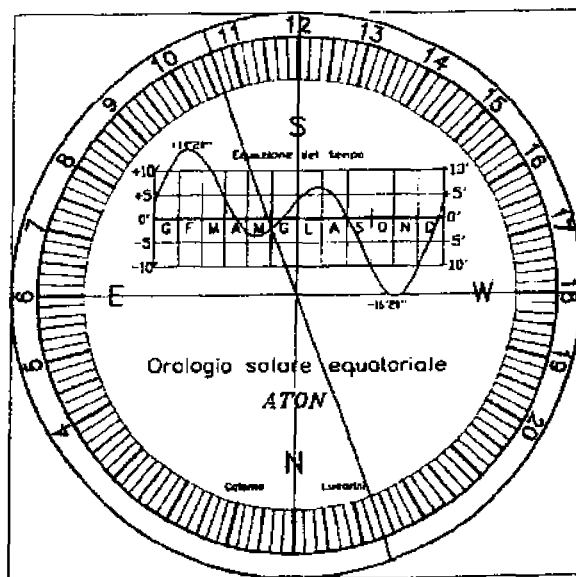


FIG 2

Así pues, un disco que tenga las características del CD, cuando sea iluminado por la luz solar funcionará exactamente como un reloj solar ecuatorial, si está correctamente graduado, inclinado, orientado y observado, y el ángulo horario que mide es inmediatamente transformable en la hora solar verdadera del lugar de observación.

El dibujo de las líneas horarias, como en todos los relojes ecuatoriales, es particularmente fácil, ya que están constituidas por radios del círculo separados por ángulos de 15º entre sí. Es inútil decir este reloj es universal, como todos los relojes ecuatoriales. Para evitar la dificultad de lectura por la cara inferior hemos utilizado un CD parcialmente transparente, como son los discos

vírgenes a los que no se les ha aplicado la etiqueta. Es un resultado notable porque permite leer la hora sobre un reloj solar ecuatorial observando solamente la cara superior, sobre la cual es visible por transparencia.

La forma circular de la superficie del disco facilita la rotación para la corrección del huso y para la corrección de la ecuación del tiempo, como se podrá ver en el párrafo posterior titulado "Instrumento solar múltiple"

3.- RELOJ SOLAR DE ALTURA

Finalmente, si colocamos el disco en el plano vertical que contiene al Sol, la posición de la recta vista por el observador indica la altura del Sol en el instante de la observación (a condición de que esté previamente graduado y se utilice el consabido espejo para la autocolimación, para que el ojo esté en posición perpendicular respecto al centro del disco)

Así pues, un disco que posea las características del CD, si es oportunamente graduado y orientado, se comporta como un reloj solar de altura, siendo esta altura gráficamente transformable en la hora solar verdadera del lugar de observación.

Hemos dibujado las líneas horarias de un reloj de este tipo con la escala horaria graduada según la fecha, siguiendo el mismo procedimiento usado para el reloj solar acimutal.

Calculamos la altura solar en las diversas horas del primer día de todos los meses y una vez marcados los puntos obtenidos los unimos con una curva continua. Para el cálculo de la altura del Sol utilizamos la conocida fórmula:

$$\text{sen } h = \text{sen } \delta \text{ sen } \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos AO.$$

Las líneas horarias del dibujo representado en la figura han sido calculadas para una latitud de Roma y para la hora solar verdadera pero nada impide, como ya se ha expuesto en el reloj acimutal, dibujarlas para la hora verdadera del huso o incluso incluir las medias horas. La hora viene referida por el punto en el que la recta interseca la línea horaria en correspondencia con la fecha de observación

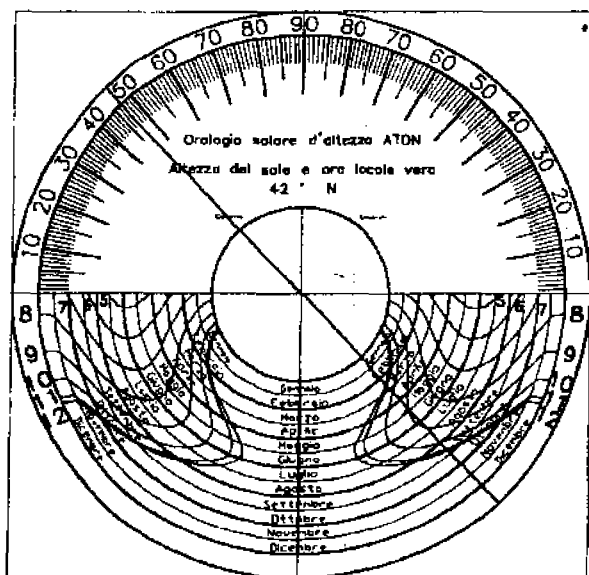


FIG 3

Es interesante subrayar que el reloj descrito es portátil y autorientable. Para leer la hora es suficiente suspender el CD verticalmente y girarlo hasta llevar al disco al plano del Sol y por último mirarlo perpendicularmente al centro (fig 3)

En la figura la "recta" indica una altura solar de 47° en el día 1° de Junio; simétricamente la recta señala la hora en el cuadrante opuesto: son las 9^h.

Es justo hacer constar que este reloj presenta algunos inconvenientes comunes a otros relojes solares del tipo de los relojes de altura. Particularmente es bastante crítica la lectura de las horas cercanas al mediodía especialmente entre las 11^h y las 13^h. Como en el reloj acimutal la dificultad de lectura radica en la forma particular que tienen las líneas horarias. También en este caso el dibujo de dos trazados, uno para el semestre estival y el otro para el invernal, facilita mucho la lectura de las horas.

4.- INSTRUMENTO SOLAR MÚLTIPLE

Una eficaz síntesis de las acertadas experiencias que se han realizado hasta el momento se hace patente en las figuras 4 y 5.

Se refieren a un instrumento solar y un CD el cual un único aparato puede funcionar midiendo el acimut, el ángulo horario y la altura solar y consecuentemente como relojes solares de los tres tipos. Para no sobrecargar el dibujo solo se han dibujado las líneas horarias del reloj acimutal y las del ecuatorial, omitiendo las de altura.

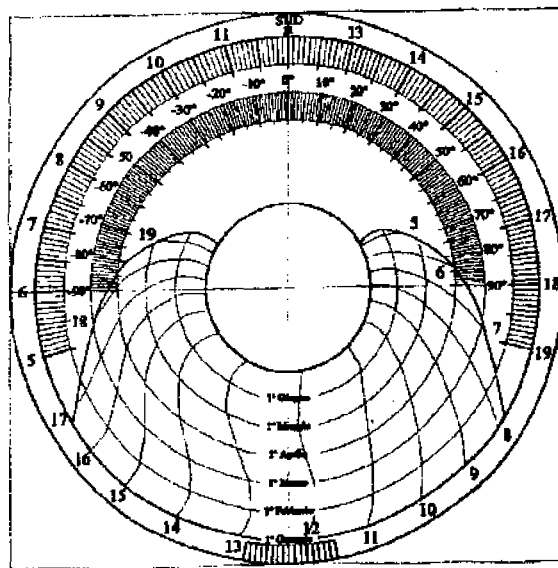
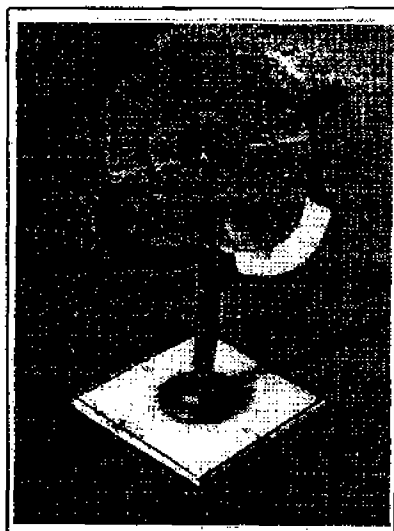


FIG. 4

En este dibujo hemos adoptado para la medida acimutal de la hora, el trazado *semestra*, (fig 4) y no el *anual*. El trazado semestral de las líneas horarias permite eliminar la "acodadura" del verano, facilitando mucho la lectura.

Se puede utilizar dos discos intercambiables uno con el trazado del semestre de verano y el otro con el del semestre de invierno.

El instrumento (fig 5) está hecho de latón, pulido para eliminar los reflejos luminosos que pueden crear otros rayos de difracción que impiden hacer una buena lectura de la hora.



El disco puede girar alrededor de un eje horizontal con el auxilio de un cuadrante graduado para obtener la inclinación correspondiente a cualquier latitud; puede también girar alrededor de un eje perpendicular al cuadro, con el fin de corregir la diferencia de longitud y la de la ecuación del tiempo.

En la fig 4 el trazado de un solo semestre pone de manifiesto la facilidad de lectura con relación al trazado anual.

Deseamos llamar la atención sobre este instrumento, por la multiplicidad de funciones que desarrolla y por su versatilidad: mide las tres coordenadas astronómicas del Sol y transforma en hora dos de ellas. Es universal cuando se coloca el disco en posición ecuatorial permitiendo la corrección de la hora con la diferencia en longitud y la ecuación del tiempo.

6.- RELOJ SOLAR HORIZONTAL DE OUGHTRED

Una sugerencia muy interesante nos fue hecha por Alessandro Gunella, que nos propuso la idea de aplicar nuestro invento, al reloj de Oughtred dibujando este reloj mediante la proyección estereográfica de las líneas de declinación y las horarias sobre una superficie circular (Fig 6). Respetamos en este caso la tradición, utilizando las escalas de las declinaciones en la entrada en los signos del Zodiaco en lugar de las fechas.

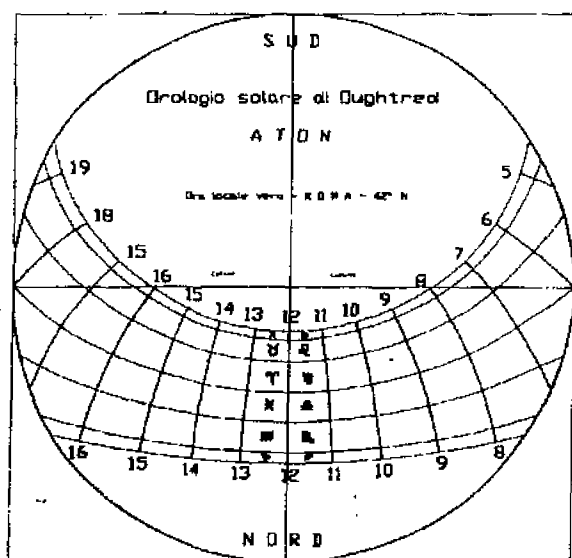


FIG. 6

POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DEL CD EN EL CAMPO DE LA GNOMONICA

La descripción de este trabajo no agota la posibilidad de aplicación del CD en el campo gnomónico. Es posible realizar relojes con horas itálicas y babilónicas; con una oportuna construcción sobre la cual no nos detenemos por brevedad; El CD en posición horizontal permite medir la declinación de un muro; Con una construcción idónea también es posible realizar una brújula solar no influenciada por las masas metálicas cercanas, ni por las variaciones de la declinación magnética.

Agradecemos a nuestros amigos gnomonistas que nos hayan prestado en el curso de nuestro trabajo, una colaboración muy útil Y EFICAZ. Gianni Ferrari fue generoso en consejos y programas sugiriéndonos caminos todavía inexplorados como -por dar solo un ejemplo que da idea del campo de aplicación de nuestras observaciones- la realización con el CD de relojes solares horizontales con horas itálicas o bien relojes solares de altura, muy versátiles;

Edmondo Marianeschi cortésmente nos ha proporcionado la interpretación del fenómeno de la difracción sobre el CD contenida en el siguiente párrafo:

LA DIFRACCIÓN EN EL CD UTILIZADO COMO RELOJ SOLAR

Edmondo Marianeschi

La difracción es un fenómeno óptico complejo que puede tener lugar con todas las radiaciones que se propagan ondulatoriamente, como son las vibraciones mecánicas, ondas electromagnéticas etc.

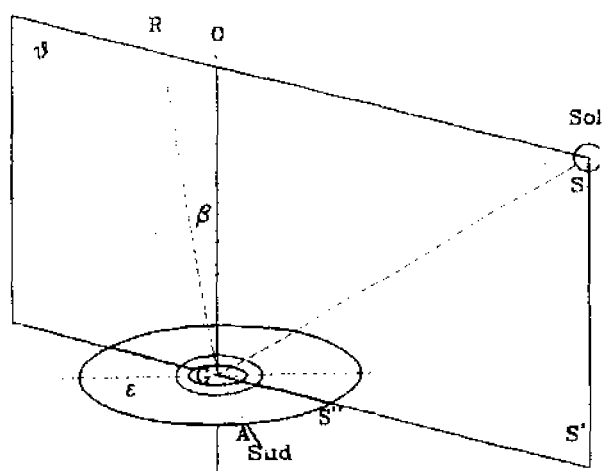
En el caso de la luz los rayos luminosos cuando pasan cerca de los límites de un objeto iluminado se desvían ligeramente y tienden como a girarlo. Cuando los objetos son segmentos rectilíneos, paralelos e igualmente distanciados del orden un micra (retículo de difracción), se produce la dispersión, es decir, hay una descomposición del haz luminoso de la luz incidente. El descubrimiento de la difracción es debido al Padre F. M. Grimaldi (1618- 1663)

Para profundizar y ampliar los conceptos aquí expuestos, consúltense los textos de Óptica Superior.

Veamos como es un disco CD, al menos en los aspectos que más nos interesan. La superficie sin etiqueta, que corresponde a un CD sin grabación, está formada por un surco de espiral plana muy apretada, de 33 mm de anchura total, con un paso de 1.6 micras (625 surcos por milímetro), con una anchura para todos los surcos de 0.5 μm y una profundidad de 0.1 μm . El soporte es de plástico policarbonato. La superficie surcada está metalizada con aluminio y protegida por un recubrimiento ligero y uniforme de plástico transparente.

Las dimensiones de los surcos son idóneas para que una vez que la luz blanca los ilumina, se tengan los efectos de la difracción y la superficie surcada actúe como un retículo de difracción por reflexión.

Aparentemente en el CD falta una condición para ser un retículo de difracción, es decir, el carácter rectilíneo y el paralelismo, ya que los surcos pertenecen a una espiral continua y no a un haz de líneas paralelas. Pero la condición viene satisfecha si se piensa que, en definitiva, los arcos de espiral que se utilizan cuando la fuente luminosa es angularmente muy pequeña y asimilable a un pequeño disco, como lo es el disco solar, solo son aquellos que se disponen a lo largo de un radio por una banda de una fracción de milímetro de anchura; por lo que pueden confundirse con su cuerda geométrica y considerarse todos iguales, paralelos y sin ninguna curvatura.



a = separación de los surcos

ϵ = Plano horizontal del CD

GS = rayo solar

GS'' = eje del retículo elemental radial, eje del espectro y proyección de GS sobre el horizonte

SGS' = altura del sol sobre el horizonte

SGO = α = ángulo de incidencia = $90 - h$

OGR = β = ángulo de difracción

AGS' = acimut del eje del espectro y acimut del sol

OG = Dirección del ojo en autocolimación

q = plano vertical por S y G

Para el espectro de 1º orden

$$\sin \beta = \lambda/a - \sin \alpha$$

El ángulo de difracción β que es función de la longitud de onda que caracteriza la luz incidente, -de aquí la dispersión de la luz- se puede calcular mediante la fórmula dada anteriormente en la figura 7. Esta fórmula es válida para el espectro llamado de *primer orden* que es prácticamente el único que se utiliza en este caso de los relojes solares. Los otros espectros o se producen fuera del campo o se superponen, resultando confusos. Generalmente no hay por qué preocuparse del orden del espectro, ya que siempre estará dirigido a lo largo del radio GS''.

Entre todos los rayos que inciden la superficie ϵ del CD tan solo los que caen sobre la estrecha banda diametral (Llamaremos a esta banda *retículo elemental*)

que tiene por eje la proyección sobre el plano del CD de la recta que une el Sol con el centro G, reúnen las condiciones requeridas por la teoría de la difracción, porque se obtendrían luz dispersa en sus componentes cromáticos, esto es, un espectro de luz blanca. De hecho el retículo elemental puede ser considerado como una serie de hendiduras, todas paralelas entre sí y equidistantes, además de ser perpendiculares a la dirección de incidencia de la luz. Los rayos difractados están todos en el plano de incidencia del rayo de luz que proviene de S por lo que también el espectro se distribuye a lo largo de la dirección de la banda diametral funcionando como índice acimutal.

Por lo tanto la descomposición espectral de la luz de S se distribuye a lo largo del diámetro del CD siendo la proyección de la recta SG sobre el horizonte. De lo que se deduce la posibilidad de medir el acimut de S sobre la graduación periférica.

Para ver rápidamente el espectro y para garantizar las condiciones geométricas, es suficiente que el ojo del observador se sitúe sobre el plano de los rayos difractados y por lo tanto puede situarse en medio, sobre G, centro del CD de modo que la mirada sea perpendicular al plano del CD. Esta circunstancia puede garantizarse poniendo el ojo en autocolimación, con el auxilio de un espejo situado en el centro del CD en su mismo plano o paralelo al disco.

Si el CD que hasta ahora hemos supuesto horizontal, se dispone sobre el plano ecuatorial, conservando las relaciones de perpendicularidad y orientación antes referidas (plano q que pasa por S, por el eje del retículo elemental y por la mira OG normal a ϵ), la proyección de S caerá sobre el plano del ecuador celeste y por consiguiente, se puede obtener la medida del ángulo horario, respecto a una graduación angular periférica del disco. También en este caso, el espejo en el centro del CD, permite la autocolimación y garantiza la observación correcta.

MARIO CATAMO.

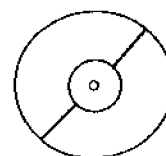
CESARE LUCARINI

Este artículo fue presentado en el X Seminario Nazionale de Gnomonica, que se celebró en S. Benedetto del Tronto (Italia) los días 6, 7, 8, y 10 de Octubre de 2000.

Ha sido publicado en las siguientes revistas:

"COMPENDIUM", revista de la North American Sundial Society, en el N° 3 Septiembre 1990

"ASTRONOMIA" boletín de la Unione Astrofili Italiani, en el N° 5 (Septiembre-Octubre 1999) de



RESEÑAS DE PUBLICACIONES (I)

Título	LA GNOMONIQUE
Autor	DENIS SAVOIE
Idioma	Francés
Signatura	2-251-42016-9
Tamaño	16 x 22 cm
Páginas	453. Numerosas figuras
Edición	2ª Edición: Sept. 2001
Editorial	Les Belles Lettres. París
Impresor	Peeters S.A. B 3000. Louvain
Prólogo	"Avant-propos" del autor
Precio	45 €

El autor del libro que aquí se reseña es Denis Savoie, actual Presidente de la *Commission des Cadran Solaires* de la *Société Astronomique de France*. Es Ingeniero de Estudios en el CNRS (Centro Nacional de la Investigación Científica) y dirige el Planetario del *Palais de la Decouverte* de París. Doctor en Historia, está especializado en el estudio de instrumentos antiguos.

Es esta la segunda edición del texto que publicó en 1997 con el título *GNOMONIQUE MODERNE* y constituye en cierto modo un nuevo libro pues ha sido considerablemente ampliado y modificado en muchos de sus capítulos, incluyendo varios temas no tratados en la edición anterior.

Expone los principios generales y fundamentales de esta Ciencia y los desarrolla hasta obtener las fórmulas que permiten su aplicación. Aunque no es muy adecuado para principiantes se trata de un libro eminentemente práctico, que permite el diseño de todo tipo de cuadrantes, incluidos algunos no muy usuales.

Los conceptos fundamentales son explicados con toda claridad mediante numerosas figuras y aclarados con los ejemplos de aplicación correspondientes.

El tratamiento de los temas expuestos es esencialmente matemático, por lo cual el lector necesita unos conocimientos de nivel medio de esta disciplina.

Su deseo de concisión y utilidad le hace prescindir totalmente de las antiguas construcciones gráficas, actualmente sobrepasadas por la facilidad del cálculo matemático de todos los parámetros que definen un reloj de sol, dado que sus fórmulas pueden ser tratadas cómodamente mediante sencillas máquinas de calcular, evitando así la laboriosidad del cálculo manual.

Las fórmulas finales son de inmediata aplicación, pudiendo ser directamente introducidas en calculadoras o incorporadas en sencillos programas de ordenador.

Para dar una idea más exacta del contenido, se reproduce a continuación un extracto del índice:

TABLE DE MATIÈRES

- I. Brefs rappels historiques
- II. Introduction
- III. Équation du temps et lectures de l'heure
- IV. Détermination des paramètres primaires
- V. Limites de fonctionnement d'un cadran solaire
- VI. Cadran plans d'angle horaire
- VII. Cadran verticaux déclinaux
- VIII. Cadran horizontaux
- IX. Cadran équatoriaux et polaires
- X. Cadran bifilaires
- XI. Cadran en projection stéréographique
- XII. Cadran analemmatiques
- XIII. Cadran cylindriques
- XIV. Cadran de Pingré
- XV. Cadran sphérique à ceillon
- XVI. Cadran Coniques
- XVII. Tracé d'un cadran solaire sur une quadrique
- XVIII. Cadran de temps moyen
- XIX. Cadran d'heures italiques et babyloniennes
- XX. Cadran de temps sidéral
- XXI. Cadran d'heures temporaires
- XXII. Cadran indiquant la hauteur et l'azimut
- XXIII. Cadran musulmans
- XXIV. Cadran solaires dérégles
- XXV. Nature des arcs diurnes
- XXVI. Examen critique
- XXVII. Trigonométrie sphérique
- XXVIII. Calcul vectoriel

La Tabla de Materias anteriormente reseñada permite ver que sus 28 capítulos tratan casi todos los temas de la gnomónica clásica y moderna, incluyendo los tipos de relojes planos, cilíndricos, bifilares, etc. Incluso dedica un capítulo al reloj, poco conocido, de Pingré.

Es muy original el capítulo XXIV que trata de la lectura de la hora en los relojes solares que no están calculados para la latitud donde se encuentran, mal orientados, o con el gnomon defectuoso.

Asimismo llama la atención del lector el capítulo XXVI, titulado *Examen critique*, en el que se fijan los criterios para estimar la calidad de un reloj solar, especialmente la corrección de su trazado y la precisión de su lectura.

Finalmente, en el capítulo XXVII trata del cálculo vectorial de relojes, método que no obstante su precisión y elegancia formal no es muy aplicado en la actualidad.

Como anejos se insertan unos relatos adicionales, realmente ingeniosos e incluso divertidos: "La sombra de un techo", "La retrogradación de la sombra", "Los náufragos gnomonistas", "El muro misterioso" y "El cuadrante accidentado".

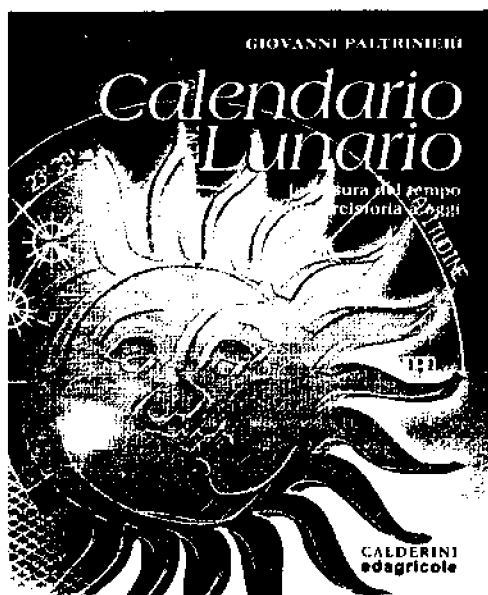
Una extensa bibliografía, una tabla de la Ecuación del Tiempo para el año 2006, y una relación de las coordenadas geográficas de 85 ciudades francesas cierran este excelente libro.

RESEÑAS DE PUBLICACIONES (II)

Titulo	CALENDARIO LUNARIO La misura del tempo dalla preistoria a oggi	
Autor	GIOVANNI PALTRINIERI	
Idioma	Italiano	
Signatura	ISBN 88- 8219-375-6	
Tamaño	22,5 x 25 cm	
Páginas	329. Numerosas figuras	
Edición	1ª Edición: Noviembre 2000	
Editorial	Calderini Edagricola . Bologna	
Impresor	Officine Graphique Calderini.	
Prólogo	Pietro Tempesti	
Precio	25,31 €	(?)

Giovanni Paltrinieri es un destacado gnomonista que también se ocupa de Relojería e Instrumentos astronómicos antiguos. Es autor de varios libros sobre gnomónica, entre los que citaremos, además del que aquí se reseña *Meridiane e orologi solare d'Italia*, *La Meridiana della Basilica di San Petronio in Bologna*, *Meridiana e orologi solari di Bologna e provincia*, y numerosos artículos y publicaciones en revistas especializadas.. Ha proyectado y construido varios relojes monumentales, como el Grupo Gnomónico del Quartiere Savena, en Bolonia, con un diámetro de 36 m y altura del gnomon de 4,5 m. Y asimismo otro similar en el centro de Abano Terme. Recientemente ha terminado un monumento solar en Riccione, de dimensiones excepcionales que ha sido citado en el "*Libro Guinness de los Records*"

El libro que aquí se reseña está magníficamente editado por el grupo Calderini Edagricole, de Bolonia, con 82 figuras en blanco y negro y más de 40 en color, en papel cuché y con tipo de letra simple y clara



INDICE

1. La misura del Tempo

Premessa. Calendario personali. Le mille face del Calendario. Conteggio con il Sole. Conteggio con la Luna. Le Stagioni. Le stelle e lo zodiaco. Tempo siderale. La precessione degli Equinozi. Alineamenti solari. Il punti Cardinali. Arco Meridiano. Lo Gnomone e le uguali Altezze solari. Orizzonte locale. Tempo Vero e Tempo medio. Equazione del Tempo. Fussi orari. Tempo medio Europa Centrale.

2. Le porzione del giorno.

Ora Temporaria Planetaria, Canónica. Ora Babilónica, Itálica. Ora Equinoziale. Ora Astronomica. Ora oltramontana

3. Artefici e strumenti del tempo

Nel Pasato. In tempo presenti

4. Il computo del Tempo

Giorno. Settimana. Mese. Anno. Secolo. Milenio

5. Le categorie del Tempo

Periodo. Epoca. Era.

6. I cicli

Anno Bisestile. Indizione romana. Ciclo Solare. Lettera Domenicale. Numero d'Oro. Epatta. Pasqua. Formula de Gauss. La Pasqua del Calendario Giuliano. La Pasqua del Calendario Giuliano e Gregoriano. Tavola Sinottica Pasquale. Martitologio Romano. Tabella dei dodici mesi.

7. Vari tipi di Calendario

Calendario di Romolo. Calendario di Numa Pompilio. Calendario Giuliano. Calendario Gregoriano. Calendario Civile. Calendario Ecclesiástico. Calendario Musulmano. Calendario Ebraico. Calendario Republicano.

8. La Luna e sui influssi

Levata e Tramonto del Sole. Lunazione. Etá della Luna. Ritardo della Luna rispetto al Sole. Influssi della Luna. Mondo animale. Campo. Orto. Frutteto - Alberi. Giardino. Vari. Tavola Sinottica dei due Secoli. La Luna nei Dodici Mesi.

9. Il Calendario dei Santi

10. Il Calendario dei proverbi

Como puede verse por la lectura del índice, el libro constituye un compendio, muy bien elaborado e ilustrado, de los conocimientos históricos y actuales referentes al transcurso del Tiempo, medido por los movimientos y apariencia del la Luna y el Sol

En resumen: Un excelente libro, que en cierto modo recuerda a los clásicos tratados de los maestros del Humanismo.

RESEÑAS DE PUBLICACIONES (III)

Título	MERIDIANE DEI COMUNE D'ITALIA
Autores	ENRICO DEL FAVERO CLAUDIO GARETTI
Idioma	Italiano
Signatura	ISBN -----
Tamaño	A4 21 x 29,7 cm
Páginas	335 + XXXII
Edición	1ª Edición: Septiembre 2001
Editorial	-----
Impresor	Societa Tipografica srl. Pomezia
Prólogo	Francesco Azzarita & Fabio Melilli
Precio	70.000 liras (Nov. 2001)

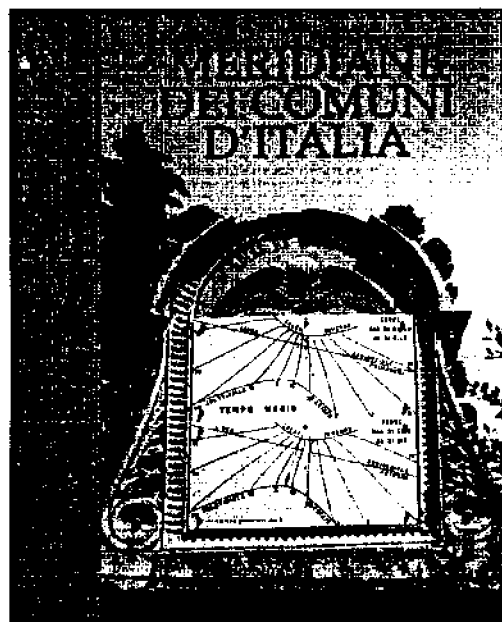
Advertencia al lector: En italiano el término "Meridiana" incluye no solamente los instrumentos solares que registran el paso del Sol por el meridiano local sino también toda clase de relojes de sol convencionales.

El libro aquí reseñado ha sido preparado por la Sezione Quadranti Solari de la Unione d'Astrofile Italiana, con la colaboración de la Associazione Nazionale Comuni Italiani.

Con respecto a sus autores, conocidos gnomonistas italianos, nos cabe indicar lo siguiente:

El Ing. Enrico del Favero es actualmente Secretario General de la U.A.I. Ha llevado a cabo numerosas realizaciones en el campo de la Gnomónica, y en esta publicación expone los minuciosos datos recopilados mediante el censo de relojes solares de Italia.

Claudio Garetti se ha especializado en informática y se ocupa desde 1996 de la catalogación de estos datos en los archivos informatizados que ha preparado, y de la puesta al día de la página de la SAI en Internet.



Constituye un excelente y bien editado catálogo-guía que pone a disposición de los aficionados a la gnomónica un repertorio de todos los cuadrantes hallados hasta la fecha en el territorio italiano. Contiene 128 fotografías o reproducciones en color, expuestas en 32 láminas, 30 figuras en negro y 20 mapas regionales con la situación geográfica de los relojes.

Su publicación representa una ingente labor, pues incluye la dirección y ubicación de más de 12 600 relojes solares, distribuidos en 100 provincias y en más de 3 000 diferentes Lugares (*Comuni*). Además, este libro no es tan solo un repertorio, ya que dedica sus tres primeros capítulos a exponer unas nociones generales de gnomónica, muy claras y didácticas, especialmente útiles para quienes no estén muy versados en estas materias.

Para dar una idea más exacta de su contenido, se expone a continuación un extracto del índice:

CAP. I. Fondamento dei quadranti solare

CAP. II. I vari tipi dei quadranti solari

CAP. III. I quadranti solari italiani

CAP. IV. Il catalogo:

Nº de relojes

4.5	PIEMONTE	3970
4.6	VALLE D'AOSTA	287
4.7	LOMBARDIA	1983
4.8	TRENTINO - ALTO ADIGE	1120
4.9	VENETO	1591
4.10	FRIULI - VENEZIA GIULIA	604
4.11	LIGURIA	417
4.12	EMILIA - ROMAGNA	785
4.13	TOSCANA	721
4.14	UMBRIA	101
4.15	MARCHE	239
4.16	LAZIO	287
4.17	ABRUZZO	32
4.18	MOLISE	25
4.19	CAMPANIA	33
4.20	PUGLIA	226
4.21	BASILICATA	45
4.22	CALABRIA	13
4.23	SICILIA	126
4.24	SARDEGNA	38

Como puede verse, este capítulo IV recoge la situación y coordenadas geográficas o la ubicación exacta de un total de 12 643 relojes solares, y las fotografías en color de 128 ejemplares especialmente interesantes.

Se incluyen también 12 útiles apéndices, entre ellos una lista de los repertorios, libros o monografías referentes a estos temas que han sido anteriormente publicadas por varios autores, con el título y editorial de los mismos.

EN RESUMEN: *Un magnífico libro, utilísimo tanto para el gnomonista que desee estar informado del copioso caudal de la gnomónica italiana, como para el aficionado a las bellas artes, que desee conocer estas pequeñas y maravillosas obras que unen, en su modestia, arte y ciencia.*

Este es el segundo artículo de una breve serie que trata de los aspectos más sencillos del inagotable tema del calendario, desde los puntos de vista que más pueden interesar a los aficionados a la Gnomónica. (El primer artículo fue publicado en "Analema 3")

LA REFORMA GREGORIANA

ALEJANDRO MORENO RAMOS

EL CONCILIO DE NICEA

En el año 325, el Concilio de Nicea - el primero de los concilios ecuménicos - fijó la festividad de la Pascua en el domingo siguiente al primer pleniturnio posterior al equinoccio de primavera. En tiempos de Cesar, el equinoccio de primavera se celebraba el 25 de marzo pero en el Concilio de Nicea se había ya retrasado unos tres o cuatro días. El Concilio eligió una fecha fija, la del 21 de marzo, para el equinoccio de primavera. A partir de entonces, el calendario eclesiástico se ha basado en aceptar esta fecha como el equinoccio, a pesar de que el equinoccio del calendario nunca coincide exactamente con el astronómico¹.

EL CALENDARIO GREGORIANO

El error del calendario juliano (ver ejemplo 2, al final del artículo anterior de esta serie) es del orden de un día cada 125 años. Durante siglos, el error juliano se fue acumulando hasta que en el siglo XVI había provocado un desfase de diez días entre las fechas teóricas y las reales de equinoccios y solsticios. El equinoccio de primavera real ocurría alrededor del 11 de marzo (en vez del día 21 fijado por el Concilio) y el de otoño alrededor del 11 de septiembre, mientras que el solsticio de invierno ocurría el 11 de diciembre y el de verano el día de San Bernabé², el 11 de junio.

Se imponía una reforma y así la propusieron al Papa el Concilio de Trento (1545-1563) y, desde mucho antes, los astrónomos (algunos de ellos famosos gnomonistas, como Sacrobosco, Regiomontano, Danti, Clavio, y tantos otros).

La reforma de Gregorio XIII se plasmó en su Bula *Inter Gravissimas* de 24 de febrero de 1582. Abordaba dos puntos principales:

- a) La solución del problema a largo plazo consistió en la no consideración como bisiestos de ciertos años que si que lo eran según las reglas julianas.
- b) La solución del problema a corto plazo requirió la supresión del desfase acumulado.

Para resolver el segundo punto, Gregorio XIII decretó que al jueves día 4 de octubre de 1582, festividad de San Francisco, le siguiese el viernes día 15 de octubre.

ACEPTACIÓN DEL CALENDARIO GREGORIANO

El conocimiento de la fecha de aceptación de la reforma gregoriana en cada país es, muchas veces, una fuente muy útil para la datación de ejemplares antiguos de relojes solares.

España y la mayoría de los reinos católicos aceptaron la reforma desde su origen. Sin embargo, otros países se demoraron mucho: Inglaterra la introdujo en 1752 (al 2 de septiembre le siguió el día 14) y Rusia en 1918 (al 31 de enero le siguió el 14 de febrero). La confusión derivada de la no aceptación simultánea del nuevo calendario por todos los países civilizados fue considerable y sigue siendo una fuente de equívocos para los historiadores. Por ejemplo, en los actuales Estados Unidos de América, los estados de civilización hispana (Tejas, Florida, California, Nuevo Méjico, Arizona) venían utilizando el calendario gregoriano desde su promulgación en 1582, mientras que los de origen inglés no lo hicieron hasta el 1752, y Alaska no conoció la reforma gregoriana hasta que se incorporó a los Estados Unidos en 1867.

Entre los despistes de los historiadores es muy conocido el caso de un biógrafo de Santa Teresa de Jesús que dice que su cuerpo estuvo once días insepulto, cuando la verdad es que murió el día 4 de octubre de 1582 y fue enterrada al día siguiente (aunque este día tenía la fecha de 15 de octubre). También se dice con frecuencia que Shakespeare y Cervantes murieron el mismo día, el 23 de abril de 1616, la verdad es que esa fecha en el calendario juliano que utilizaban los ingleses correspondía al 4 de mayo del gregoriano que se seguía en España.

CÁLCULO DEL DÍA DE LA SEMANA

Hay muchos sistemas para calcular el día de la semana de una fecha cualquiera. El siguiente algoritmo es uno de ellos:

$$1^{\circ}) a = (14 - \text{Mes}) \text{COC } 12$$

$$2^{\circ}) y = \text{Año} - a$$

$$3^{\circ}) m = \text{Mes} + 12 \times a - 2$$

$$4^{\circ}) d = [\text{Día} + y + (y) \text{COC } 4 - (y) \text{COC } 100 + (y) \text{COC } 400 + (31 \times m) \text{COC } 12] \text{MOD } 7$$

A un valor de $d = 0$ le corresponde el domingo, un 1 para el lunes, un 2 para el martes, etc.

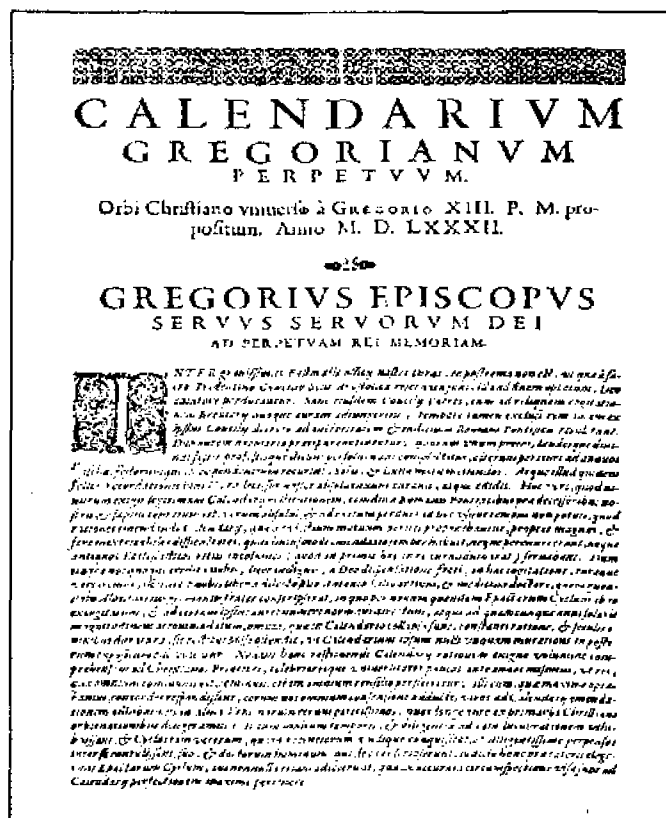
El cálculo anterior se refiere a fechas gregorianas. Si partimos de una fecha juliana, el valor de d es:

$$4^{\circ}) d = [5 + \text{Día} + y + (y) \text{COC } 4 + (31 \times m) \text{COC } 12] \text{MOD } 7$$

LOS AÑOS NORMALES Y LOS BISIESTOS

El calendario juliano establecía un año bisiesto cada cuatro años. La reforma gregoriana complicó un poco el criterio con unas reglas que se pueden expresar

abreviadamente como sigue: "Son bisiestos todos los años múltiplos de cuatro, excepto los años finales de siglo que no sean múltiplos de cuatrocientos".



Bula papal de Gregorio XIII de reforma del calendario (1582).

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

EJEMPLO 1.- Calcular el desfase que el calendario juliano había acumulado desde el Concilio de Nicea (325) hasta la reforma gregoriana (1582).

SOLUCIÓN:

Según el ejemplo anterior:

$$\frac{1582 - 325}{125} = 10 \text{ días}$$

que fueron, efectivamente, los días que Gregorio XIII suprimió de golpe.

En el Ejemplo 2 se aplica esta regla a varios casos típicos

EJEMPLO 2.- Determinar si los siguientes años son bisiestos: 1844, 1900, 1936, 2000.

SOLUCIÓN:

1844 es divisible por 4 (pues $1844/4 = 461$) y no es fin de siglo, luego es bisiesto.

1900 es divisible por 4 (como todos los fines de siglo), y no es divisible por 400 (pues $1900/400 = 4 + \frac{3}{4}$), luego no es bisiesto.

1936 es divisible por 4 (pues $1936/4 = 484$) y no es fin de siglo, luego es bisiesto.

2000 es divisible por 4, pero es una excepción porque es fin de siglo (divisible por 100). Pero también es una excepción de la excepción, porque es divisible por 400, luego es bisiesto.

EJEMPLO 3.- Calcular qué día de la semana fue el 24 de noviembre de 1944.

SOLUCIÓN:

$$a = (14 - \text{Mes}) \text{COC } 12 = (14 - 11) \text{COC } 12 = 0$$

$$y = \text{Año} - a = 1944 - 0 = 1944$$

$$m = \text{Mes} + 12 \times a - 2 = 11 + 12 \times 0 - 2 = 9$$

Como se trata de un año gregoriano:

$$\begin{aligned} d &= [\text{Día} + y + (y) \text{COC } 4 - (y) \text{COC } 100 + (y) \text{COC } 400 \\ &\quad + (31 \times m) \text{COC } 12] \text{MOD } 7 \\ &= [24 + 1944 + (1944) \text{COC } 4 - (1944) \text{COC } 100 \\ &\quad + (1944) \text{COC } 400 + (31 \times 9) \text{COC } 12] \text{MOD } 7 \\ &= [24 + 1944 + 486 - 19 + 4 + 23] \text{MOD } 7 \\ &= 5 \end{aligned}$$

es decir, ese día fue viernes.

EJEMPLO 4.- Calcular qué día de la semana fue el 6 de julio de 1374.

SOLUCIÓN:

Como en el ejemplo anterior:

$$a = 0, \quad y = 1374, \quad m = 5$$

Como se trata de un año juliano:

$$\begin{aligned} d &= [5 + \text{Día} + y + (y) \text{COC } 4 + \\ &\quad + (31 \times m) \text{COC } 12] \text{MOD } 7 \\ &= [5 + 6 + 1374 + (1374) \text{COC } 4 + \\ &\quad + (31 \times 5) \text{COC } 12] \text{MOD } 7 \\ &= 4 \end{aligned}$$

El 4º día (siendo el 0 el domingo) corresponde al jueves. Es, precisamente, el *jovis* de la fecha que citábamos en el ejemplo 3 de nuestro artículo³ anterior: *Die jovis sexta mensis julii anno a Nativitate Domini MCCCCLXXIV*.

EJEMPLO 5.- La *Vita Eulogii*, dice⁴ que la doncella musulmana Leocricia, convertida al cristianismo, *compleuit martirium suum V Idus Marti die sabbato* en el año 859 A. D. Confirmar la fecha.

SOLUCIÓN:

El día del mes (como se deduce de la tabla que incluíamos en nuestro último artículo) es el 11 de abril. Con el algoritmo del texto, obtenemos:

$$a = 0, \quad y = 859, \quad m = 1, \quad d = 6$$

es decir, sábado, como dice la *Vita Eulogii*.

EJEMPLO 6.- Calcular el día de la semana en que se libró la batalla de Toro entre Portugal y España (1 de marzo de 1476).

SOLUCIÓN:

$$a = 0, \quad y = 1476, \quad m = 1, \quad d = 5$$

es decir, viernes, "día siempre afortunado en la Historia de España", según una curiosa afirmación del notable hispanista Walsh.⁵

EJEMPLO 7.- Del famoso caballero don Beltrán de la Cueva se pudieron decir muchas cosas, pero nunca que fuera un cobarde. En la víspera de la batalla de Olmedo, su enemigo el arzobispo Carrillo, tratando de asustarle, le envió un mensaje de desafío diciendo que en la inminente batalla tendría que enfrentarse con cuarenta caballeros que habían jurado matarle. Don Beltrán le respondió con una descripción detallada de la armadura que pensaba vestir, para que los cuarenta le encontrasen fácilmente. Esta batalla tuvo lugar el 20 de agosto de 1467. Confirmar la afirmación de Walsh⁶ de que era jueves

SOLUCIÓN:

$$a = 0, \quad y = 1467, \quad m = 6, \quad d = 4$$

Efectivamente, fue jueves.

EJEMPLO 8.- Calcular qué día de la semana fue el 1 de junio de 1550.

SOLUCIÓN:

$$a = 0, \quad y = 1550, \quad m = 4, \quad d = 0$$

Fue domingo.

EJEMPLO 9.- El testamento de Alfonso I de Aragón, llamado el Batallador, es famoso porque el rey lega sus reinos a las tres órdenes militares del Sepulcro, del Hospital y del Templo. El testamento está fechado *en la era 1132, en el mes de Septiembre, día martes, de la Natividad de Santa María*⁷. Sin embargo, el compilador añade que *...hecho este testamento tres años antes de su muerte, lo ratificó poco antes de su fallecimiento, que acaeció el 7 de Septiembre del año 1134. ¿Que se puede decir de la fecha en que testó?*

SOLUCIÓN:

En el Misal encontramos que la festividad de la Natividad de la Virgen María se celebra el día 8 de septiembre.

En cuanto al año hay una discordancia en los textos, porque el 8 de septiembre de 1132 no es tres años antes del 7 de septiembre de 1134. Cualquier texto de Historia confirma a 1134 como año de la muerte, lo que obliga a considerar como año del testamento el 1131. Como los textos de Historia, si no advierten otra cosa, suelen dar las fechas en la Era Cristiana, debemos suponer que estamos hablando del 1131 A. D., a pesar que la expresión del texto "en la era" (así como la propia antigüedad de la fecha) harían pensar que es la Era de España. El 8 de septiembre de 1131 A. D. fue martes, de acuerdo con el texto. En efecto:

$$a = 0, \quad y = 1131, \quad m = 7, \quad d = 2$$

es decir, martes. Si investigamos la posibilidad de que el año se refiera a la Era de España, veremos que el 8 de septiembre del 1132 - 38 = 1094 A. D. fue viernes, y

que el 8 de septiembre del 1131 - 38 = 1093 A. D. fue domingo.

Así pues, todo parece indicar que la fecha del testamento debe de ser el martes 8 de septiembre de 1131 A. D. (o, lo que es lo mismo, del 1169 de la Era de España). Es probable que el error no se debe a los escribanos reales, sino a los recopiladores actuales, de modo que el original se refiera al 1169 de la Era de España, y que los recopiladores hayan traducido la fecha a la Era Cristiana sin advertírselo al lector.

EJEMPLO 10.- En la *Crónica del Rey Don Padro* se lee⁸ que "...estando el Rey Don Pedro en Sevilla en el su Alcazar, martes veinte é nueve días de mayo de este año..." [1358]... Confirmar la fecha.

SOLUCIÓN:

$$a = 0, \quad y = 1358, \quad m = 3, \quad d = 2$$

es decir, martes, como dice el texto. Podríamos haber dudado si el año se refiere a la Era Española. En este caso, el año de la Era Cristiana común sería el 1320 (18 años menos), pero el cálculo nos dice que ese día fue miércoles, luego todo parece apuntar a que el año dado es de la Era común.

EJEMPLO 11.- Calcular el error del calendario gregoriano.

SOLUCIÓN:

En el calendario gregoriano, el año trópico (~365,2522 días) se aproxima por $365 + 1/4 - 3/400$ días. El error es.

$$\begin{aligned} 365,2522 - 365,2422 &= \\ &= 0,0003 \text{ días/año} \\ &= 26 \text{ segundos/año} \\ &= 3,333 \text{ años/día} \end{aligned}$$

es decir, alrededor de un día cada treinta y tres siglos. •

¹ La predeterminación de una fecha fija no se debió a dificultades científicas de la época para su determinación exacta cada año. Hay fuertes razones prácticas para no elegir el equinoccio astronómico.

² En la paremiología europea han quedado refranes y dichos alusivos, como el inglés *Barnaby Bright, the Longest Day and the Shortest Night*.

³ Alejandro M. Ramos, ANALEMA, Núm. 31, Enero - Abril 2001.

⁴ J. C. LARA OLMO, *El relato del traslado de los santos mártires Jorge, Aurelio y Natalia* [...], Hispania Sacra, Nº 103, 1999.

⁵ WILLIAM THOMAS WALSH, *Isabel de España*, Cultura Española, San Sebastián, 4ª edición, 1939.

⁶ *Ibidem*.

⁷ C. SÁNCHEZ ALBORNOZ y A. VIÑAS, *Lecturas Históricas Españolas*, 2ª edición, Ediciones Rialp, Madrid, 1984.

⁸ *Ibidem*.

NOTAS Y COMENTARIOS I

1. PÁGINA WEB EN INTERNET

Nuestro asociado Antonio J Cañones Aguilar mantiene en Internet, desde enero del año 2000, una página WEB titulada *Los relojes de Sol de la Región de Murcia*. En ella se muestran fotografías de algunos de los relojes de sol que hay en dicha región, con una breve explicación de cada uno de ellos.

La citada página tiene otros dos apartados:

"*La página de mis amigos*" donde están las fotografías de cualquier lugar del mundo que le hayan sido enviadas a través de la Red por personas que han visitado su página. Hay relojes del resto de España, de Santo Domingo, de México, de Portugal, etc.

"*El cañonazo del mes*". En este apartado se muestran otros relojes que él considera interesantes por algún motivo, u otras direcciones de Internet con buenas páginas dedicadas a la Gnomónica. Este apartado se renueva mensualmente.

Todo el que tenga interés en que aparezca algún reloj de sol en su página no tiene mas que enviárselo a su dirección

Las direcciones de donde se puede acceder a estas páginas son:

<http://webs.ono.com/andana>

<http://webs.demasiado.com/andana>

<http://webs.Galeon.Com/cuadrante>

AJCA

2. COMENTARIO A UN ARTÍCULO ANTERIOR.

EL artículo de B. Moreno y J.M. Bores "*Un recorrido por la pequeña Historia del Reloj de Sol*" (Analema 31) nos ofrece una completa visión de esta faceta de la historia de los relojes de sol. Para llevar la contraria a Aranguren, (uno de los deportes nacionales *¿quién habla?, que me opongo*) me pregunto si, tal como los autores indican, no sería posible analizar algunos de los fenómenos de la óptica elemental que condicionan las dimensiones de los elementos materiales que constituyen un reloj de sol. Pienso en la distancia entre el gnomon y la cara del reloj para disminuir la influencia de la difracción, el tamaño del ocular en el caso de meridianas, el grueso de las líneas horarias etc.

¿Podrían los autores continuar su artículo con unas reglas que permitan seguir practicando la opción de hacer cosas sin interés pecuniario ni utilitario?

MMV

3. OTRO COMENTARIO

Alejandro M. Ramos, en "Analema 31" ("*Introducción al Calendario*") añade la leyenda latina *PUNCTUM TEMPORIS OMNIS VITA*. La vida entera cabe en un punto de tiempo.

Me gustaría saber en qué reloj se encuentra esta sentencia, para recordar a su autor cada vez que la prensa nos hable de que el origen del "Big-Bang" ha sido un punto milimétrico.

MMV

4 XAUDARÓ

Este dibujo nos fue enviado en una carta de José Luis Lorente Aragón de fecha 26/03/97. Según indica en la misma debió ser publicado en los años 30 en la revista "Blanco y Negro", aunque está tomado del tomo IV de la Colección "*CHISTES DE XAUDARÓ*" publicada en 1951 por Editorial Prensa Española.



PEQUEÑOS DETALLES

— ¡ Lo que son las cosas ! — ¡ Hasta ahora no me había fijado en el movimiento del péndulo de los relojes de sol !

Joaquín Xaudaró y Echau fue un famoso dibujante y caricaturista que colaboró en la mayor parte de los periódicos y revistas ilustradas de su época. En la revista *Blanco y Negro*, y posteriormente en el diario "*ABC*", publicó durante más de 20 años sus famosas "chistes de Xaudaró", ilustraciones humorísticas que eran muy apreciadas y comentadas por sus lectores. En todos ellos figuraba el conocido "perrito de Xaudaró", ingenuo personaje del mundo animal que se hizo célebre años antes que el comercializado ratón Mickey.

Es curioso que en la anterior viñeta aparezca un reloj solar, base del comentario jocoso del ebrio personaje representado. Los relojes solares no eran utilizados desde hacía más de cien años y su memoria casi se había perdido en las ciudades, donde habían sido sustituidos por relojes mecánicos. Quizás por eso Xaudaró, que había nacido en 1872 en Vigau (Filipinas) y vino a España en 1883 sitúa la acción en un pequeño pueblo, y el reloj en lo que pudiera ser su Ayuntamiento.

¿ Podría algún curioso lector de "Analema" efectuar una investigación sobre los relojes solares construidos en Filipinas durante la época Colonial?

MLS

NOTAS Y COMENTARIOS II

5. SOBRE LA "LÍNEA DE CAMBIO DE FECHA"

En el número anterior de "Analema" aparece un artículo de R. Meléndez en el que con motivo de una novela de Julio Verne (*La vuelta al Mundo en 80 días*) se trata del adelanto horario que debe experimentar el reloj de un observador que se desplaza constantemente hacia el Este, hasta completar 24 horas cuando regresa (dando la vuelta al Globo Terrestre) al punto de partida. Análogamente, habría experimentado un retraso de un día si su viaje hubiese sido hacia el Oeste.

Las primeras personas que constataron materialmente este retraso fueron los tripulantes de la nao "Victoria", con motivo de su viaje alrededor del Mundo iniciado por Magallanes el 22 de septiembre de 1519 con 260 hombres y completado finalmente por Juan Sebastián el Cano, tras la muerte de Magallanes.

Cuando esta nave regresaba de las Molucas, siempre en dirección Oeste, tocó de arribada en las Islas de Cabo Verde. Con gran sorpresa (suponemos) los marineros observaron que, aunque según el diario de navegación y las notas del cronista de la expedición Antonio de Pigafetta indicaban que era miércoles, en las Islas era ya jueves. (1).

Los 18 supervivientes de la "Victoria" desembarcaron finalmente en Sanlúcar de Barrameda el sábado 6 de septiembre de 1522, según creían, pero se encontraron con que en tierra firme en realidad era el domingo 7, según el calendario.

Pigafetta reconoce este hecho en su crónica "*Viaggio de Magaglione negli anni 1522*", escrita en 1524.

Algunos escritores extranjeros sostienen que al desembarcar hubieron de enfrentarse con la Inquisición, que les acusaba de no haber respetado las Fiestas Religiosas de precepto por mantener un calendario equivocado. Como es natural, esta afirmación no es cierta y forma parte de las anécdotas falsas, como la del "huevo de Colón", la gozosa exclamación "EUREKA" atribuida a Arquímedes o la frase "Y, SIN EMBARGO, SE MUEVE" de Galileo Galilei.

En los siglos siguientes se generalizaron los viajes marítimos, llegando a ser bastante frecuentes los viajes de circunnavegación, o las travesías oceánicas que partiendo de las costas de América, donde se usaba el calendario llevado de Europa con el adelanto correspondiente, tocaban las del continente asiático donde utilizaban el mismo calendario en las colonias europeas y sus zonas de influencia.

Para evitar estos problemas y unificar los procedimientos de corrección se estableció en la Conferencia Meridiana Internacional de 1884 la llamada "Línea de cambio de fecha", o "Línea de salto del día" que sigue aproximadamente, con algunas excepciones, el meridiano 180° que a su vez discurre en su mayor parte por el Océano Pacífico (Nombre dado por Magallanes) ML

6- ÍNDICES DE LOS ARTÍCULOS DE "ANALEMA"

La Redacción de este Boletín Informativo ha preparado unos índices que comprende todos los artículos publicados en el mismo, desde el número 1 al actual.

Está dividido en tres capítulos:

- Índice cronológico. que clasifica su contenido por la fecha de publicación y número del Boletín donde fueron publicados
- Índice por autores. La clasificación se establece por el orden alfabético de los autores que firman el artículo, incluyendo los redactados colectivamente o con seudónimo-
- Índice por títulos. Los artículos se clasifican en este índice por sus títulos, en orden alfabético descendente.

Estos índices están contenidos en un disquete de 3 ½, en formato de "Tabla", o impresos en 8 folios.

Si alguno de los socios de nuestra Asociación desea mayor información sobre los mismos, o le interesa obtener copia del disquete, deberá ponerse en contacto con la Redacción del Boletín, o directamente con nuestra Secretaría, en la dirección postal que indicamos seguidamente:

ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL
SECRETARÍA
Isaac Peral 48 28040-MADRID ESPAÑA

Los socios que durante el presente año han contribuido económicamente al sostenimiento de la Asociación o han remitido artículos de colaboración pueden pedir el disquete, que les será remitido por correo sin coste alguno.

La Asociación tiene en proyecto la preparación de una página de Internet, en la que figurarían estos índices y el último Boletín publicado.

Algunos socios nos solicitan los datos de la nueva cuenta corriente bancaria de la Asociación, quizás ansiosos de ingresar en ella sus aportaciones económicas para el próximo año palindrómico 2002.

La cuenta corriente actual está abierta a nombre de nuestra Asociación en la Sucursal de la Caixa de Galicia de Las Rozas.

(Las Rozas, Madrid), Calle Real 26

Entidad	2091
Oficina	0811
Código	49
C/C	3040007749

Referencia completa:

Asociación de Amigos de los Relojes de Sol
c/c 2091 / 0811 / 0049 / 3040007749

AÑO 2002

HORA DE PASO DEL SOL POR EL MERIDIANO CERO, DECLINACIÓN SOLAR Y FASES DE LA LUNA

enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio		
m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	
1	3 33 -22.991	13 35 -12.065	12 23 -7.542	3 55 4.584	-2 54 15.111	-2 13 22.068	1					
2	4 1 -22.904	13 43 -11.777	12 11 -7.161	3 37 4.969	-3 1 15.411	-2 3 22.200	2					
3	4 29 -22.809	13 49 -11.485	11 58 -6.778	3 20 5.353	-3 7 15.706	-1 54 22.326	3					
4	4 56 -22.707	13 55 -11.188	11 45 -6.394	3 2 5.735	-3 13 15.998	-1 44 22.445	4					
5	5 23 -22.597	14 1 -10.886	11 32 -6.008	2 45 6.115	-3 18 16.285	-1 33 22.557	5					
6	5 49 -22.480	14 5 -10.579	11 18 -5.621	2 28 6.494	-3 23 16.567	-1 22 22.663	6					
7	6 15 -22.355	14 8 -10.269	11 4 -5.232	2 11 6.871	-3 27 16.845	-1 11 22.762	7					
8	6 41 -22.223	14 11 -14.953	10 50 -4.843	1 54 7.245	-3 31 17.118	-0 60 22.854	8					
9	7 6 -22.084	14 13 -14.634	10 35 -4.452	1 37 7.618	-3 34 17.387	-0 48 22.940	9					
10	7 31 -21.938	14 14 -14.311	10 19 -4.060	1 21 7.989	-3 36 17.650	-0 36 23.019	10					
11	7 55 -21.784	14 15 -13.983	10 4 -3.668	1 5 8.357	-3 38 17.909	-0 24 23.092	11					
12	8 18 -21.623	14 14 -13.652	9 48 -3.275	0 50 8.723	-3 40 18.162	-0 12 23.157	12					
13	8 41 -21.456	14 13 -13.317	9 32 -2.881	0 34 9.087	-3 40 18.411	0 0 23.216	13					
14	9 3 -21.281	14 11 -12.978	9 15 -2.487	0 19 9.448	-3 41 18.654	0 13 23.268	14					
15	9 24 -21.100	14 9 -12.636	8 58 -2.092	0 4 9.806	-3 40 18.893	0 26 23.313	15					
16	9 45 -20.912	14 5 -12.290	8 41 -1.697	-0 10 10.162	-3 39 19.125	0 39 23.351	16					
17	10 5 -20.717	14 1 -11.942	8 24 -1.302	-0 24 10.515	-3 38 19.353	0 52 23.382	17					
18	10 24 -20.516	13 57 -11.590	8 7 -0.906	-0 38 10.865	-3 36 19.575	1 5 23.407	18					
19	10 43 -20.308	13 51 -11.235	7 49 -0.511	-0 51 11.212	-3 33 19.791	1 18 23.424	19					
20	11 1 -20.094	13 45 -10.877	7 32 -0.116	-1 4 11.556	-3 30 20.002	1 31 23.435	20					
21	11 18 -19.874	13 38 -10.516	7 14 0.279	-1 16 11.897	-3 26 20.207	1 44 23.439	21					
22	11 35 -19.647	13 31 -10.152	6 56 0.674	-1 28 12.234	-3 22 20.406	1 57 23.436	22					
23	11 50 -19.415	13 23 -9.786	6 38 1.069	-1 39 12.569	-3 17 20.600	2 10 23.426	23					
24	12 5 -19.176	13 14 -9.418	6 20 1.463	-1 50 12.899	-3 12 20.787	2 23 23.409	24					
25	12 19 -18.932	13 5 -9.047	6 2 1.856	-2 1 13.227	-3 6 20.969	2 35 23.385	25					
26	12 32 -18.681	12 55 -8.674	5 44 2.249	-2 11 13.550	-2 60 21.145	2 48 23.355	26					
27	12 45 -18.426	12 45 -8.298	5 25 2.640	-2 21 13.870	-2 53 21.314	3 1 23.317	27					
28	12 57 -18.164	12 34 -7.921	5 7 3.031	-2 30 14.186	-2 46 21.477	3 13 23.273	28					
29	13 7 -17.897		4 49 3.421	-2 38 14.498	-2 38 21.635	3 25 23.222	29					
30	13 17 -17.625		4 31 3.810	-2 46 14.807	-2 30 21.786	3 37 23.164	30					
31	13 27 -17.348		4 13 4.198		-2 22 21.930		31					
julio		agosto		septiembre		octubre		noviembre		diciembre		
m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	m.	s. decl.	
1	3 49 23.100	6 20 17.988	0 2 8.241	-10 18 -3.226	-16 24 -14.460	-11 1 -21.816	1					
2	4 0 23.028	6 16 17.734	-0 17 7.877	-10 37 -3.614	-16 25 -14.778	-10 38 -21.967	2					
3	4 11 22.950	6 11 17.474	-0 36 7.511	-10 56 -4.000	-16 25 -15.092	-10 15 -22.111	3					
4	4 22 22.866	6 6 17.210	-0 56 7.143	-11 14 -4.386	-16 25 -15.402	-9 51 -22.249	4					
5	4 33 22.774	5 60 16.941	-1 16 6.773	-11 32 -4.772	-16 24 -15.707	-9 26 -22.379	5					
6	4 43 22.677	5 54 16.668	-1 36 6.401	-11 50 -5.156	-16 22 -16.009	-9 1 -22.502	6					
7	4 53 22.572	5 47 16.390	-1 56 6.028	-12 8 -5.539	-16 19 -16.305	-8 35 -22.617	7					
8	5 2 22.461	5 39 16.108	-2 17 5.653	-12 25 -5.921	-16 15 -16.598	-8 9 -22.725	8					
9	5 11 22.344	5 31 15.822	-2 38 5.276	-12 41 -6.301	-16 10 -16.885	-7 43 -22.826	9					
10	5 20 22.220	5 22 15.531	-2 59 4.897	-12 57 -6.681	-16 5 -17.168	-7 16 -22.919	10					
11	5 28 22.090	5 13 15.236	-3 20 4.518	-13 13 -7.058	-15 59 -17.446	-6 48 -23.005	11					
12	5 36 21.953	5 3 14.937	-3 41 4.137	-13 28 -7.435	-15 51 -17.719	-6 21 -23.083	12					
13	5 43 21.810	4 52 14.634	-4 2 3.755	-13 43 -7.809	-15 43 -17.987	-5 52 -23.153	13					
14	5 50 21.661	4 41 14.327	-4 23 3.371	-13 57 -8.182	-15 35 -18.250	-5 24 -23.216	14					
15	5 57 21.506	4 30 14.017	-4 45 2.987	-14 11 -8.552	-15 25 -18.507	-4 55 -23.271	15					
16	6 2 21.345	4 18 13.702	-5 6 2.602	-14 24 -8.921	-15 14 -18.759	-4 26 -23.318	16					
17	6 8 21.177	4 5 13.384	-5 27 2.216	-14 36 -9.288	-15 3 -19.005	-3 57 -23.358	17					
18	6 13 21.004	3 52 13.063	-5 49 1.829	-14 48 -9.652	-14 51 -19.246	-3 28 -23.389	18					
19	6 17 20.825	3 38 12.738	-6 10 1.441	-14 60 -10.014	-14 38 -19.481	-2 58 -23.413	19					
20	6 20 20.640	3 24 12.410	-6 32 1.053	-15 10 -10.374	-14 24 -19.710	-2 28 -23.430	20					
21	6 24 20.449	3 10 12.078	-6 53 0.665	-15 20 -10.731	-14 9 -19.933	-1 58 -23.438	21					
22	6 26 20.252	2 55 11.744	-7 14 0.276	-15 30 -11.086	-13 54 -20.150	-1 29 -23.438	22					
23	6 28 20.050	2 39 11.406	-7 35 -0.114	-15 38 -11.437	-13 38 -20.361	-0 59 -23.431	23					
24	6 30 19.842	2 23 11.065	-7 56 -0.503	-15 46 -11.786	-13 21 -20.566	-0 29 -23.416	24					
25	6 30 19.629	2 7 10.721	-8 17 -0.892	-15 54 -12.132	-13 3 -20.764	0 1 -23.392	25					
26	6 31 19.410	1 50 10.375	-8 38 -1.282	-16 0 -12.475	-12 44 -20.956	0 31 -23.362	26					
27	6 30 19.186	1 33 10.025	-8 58 -1.671	-16 6 -12.814	-12 25 -21.142	1 0 -23.323	27					
28	6 29 18.957	1 16 9.673	-9 18 -2.061	-16 11 -13.150	-12 5 -21.320	1 30 -23.276	28					
29	6 28 18.722	0 58 9.319	-9 38 -2.450	-16 15 -13.483	-11 44 -21.492	1 59 -23.222	29					
30	6 26 18.483	0 40 8.962	-9 58 -2.838	-16 19 -13.812	-11 23 -21.657	2 28 -23.160	30					
31	6 23 18.238	0 21 8.603		-16 22 -14.138		2 57 -23.090	31					

