

ANALEMA

BOLETIN DE LA ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

- 1 EDITORIAL Editor
- 2 ABSTRACTS Redacción
- 3 RELOJES DE TIEMPO SIDÉREO
CON GNOMON CÓNICO J. Moreno
- 7 LOS AUTORES DE OBRAS DE GNOMÓNICA
EN LA ÉPOCA DE FELIPE II M.M. Valdés
- 10 MÁS LEYENDAS LATINAS EN RELOJES DE SOL J. Moreno
- 12 RELOJ DE SOL QUE NO PRECISA ORIENTACIÓN .. A. Angulo
- 14 NOTAS Y COMENTARIOS..... Redacción
- 16 EL RELOJ DE SOL DE RODRIGO ZAMORANO ... J. del Buey
- 19 GNOMÓNICA VECTORIAL (iii)A. de Vicente

LA ASOCIACION DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL FUE LEGALMENTE CONSTITUIDA EN ABRIL DE 1988 CON LA REFERENCIA N-186885 DEL REGISTRO NACIONAL DE ASOCIACIONES, SU JUNTA DIRECTIVA ESTÁ FORMADA POR LAS SIGUIENTES PERSONAS: Presidente: LUIS HIDALGO VELAYOS. Vicepresidente: JACINTO DEL BUEY PÉREZ. Secretario General: MANUEL LOMBARDEO SOTO. Tesorero ANTONIO DE VICENTE CANDEIRA. Vocales Asesores: MANUEL MARÍA VALDÉS CARRACEDO, JAVIER MORENO BORES. Bibliotecario: JESUS DE LA CALLE MONTES. Vocales: MIGUEL ÁNGEL HACAR BENÍTEZ, BALTASAR SOTERAS ELÍA, ANTONIO ANGULO ÁLVAREZ, JOSÉ ESTEBAN ESTEBAN, J. JOSÉ CAURCEL

La Asociación constituye una entidad no lucrativa cuyos fines son el fomento y desarrollo de las investigaciones y estudios sobre temas históricos, literarios, geográficos, matemáticos y arquitectónicos referentes al cálculo, diseño, construcción, revisión y emplazamiento de relojes 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 titulado "ANALEMA", abierto a la colaboración de todos sus lectores,

La Asociación de Amigos de los relojes de sol ofrece a sus socios los siguientes servicios:

- Comprobación y dotación de cuadrantes y relojes antiguos,
- Información bibliográfica, con un fondo de más de dos mil entradas referentes a temas relacionados con la Gnomónica.
- Traducción o revisión de artículos de revistas relacionadas con estos temas,
- Asesoramiento para la construcción, revisión o reparación de relojes solares,

Todos estos servicios son prestados a sus Socios a título gratuito o a coste estricto a las personas o entidades que lo soliciten y sean presentados por algún socio.

Para obtener la condición de Asociado es necesario la presentación por un socio de la persona interesada, y su admisión por la Junta de Gobierno. La cuantía de su aportación económica, como cuota anual, es libremente fijada por el nuevo Asociado pudiendo ser nula si así lo desea. No obstante para recibir el Boletín y otras publicaciones de la Sociedad es conveniente que aporte por lo menos el equivalente a los gastos de envío y correspondencia

En general, y salvo indicación expresa, los artículos publicados en este Boletín podrán ser reproducidos, traducidos o utilizados, siempre que se indique su procedencia y autor y previa comunicación a la Asociación. Se exceptúan los casos en los que se indique la existencia los derechos de autor, ©, o cualquier otra limitación de tipo legal o económico.

LA ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL NO SE HACE EN NINGÚN CASO RESPONSABLE DEL CONTENIDO O INTERPRETACIÓN DE LOS ESCRITOS, GRÁFICAS, TABLAS O CUALQUIER OTRA CLASE DE INFORMACIÓN PUBLICADA EN ESTE BOLETÍN. O EN ALGUNA DE SUS PUBLICACIONES COLECTIVAS, NI DE LOS ERRORES, ERRATAS U OMISIONES QUE PUDIERAN APARECER EN SUS PÁGINAS-

Agradece cualquier tipo de comentario, crítica, reseña o discusión de los mismos, que será remitida a su autor y publicada en el Boletín si, a juicio de la Junta, su interés o generalidad lo hiciese conveniente. Se reserva el derecho de adaptar, resumir, editar y comentar, con el previo conocimiento de su autor, cualquier original recibido para su publicación en el Boletín.

La extensión de los originales no deberá ser superior a cinco folios, salvo que su contenido aconseje publicarlo en varios números consecutivos, en un número monográfico o en forma de separata. Por ahora no es posible insertar fotografías en el Boletín, por lo que los dibujos, deberán ser de línea. Es preferible que los artículos sean enviados en un disquete (Word)

La Sede social legal es: E.T.S. Ingenieros Agrónomos: Ciudad Universitaria s/n 28040-Madrid.
La correspondencia puede ser dirigida directamente al Secretario General.; M. Lombardero Soto: Isaac Peral 48. 28040-Madrid, al Presidente o a cualquiera de los Vocales de la Junta

EDITORIAL

Con objeto de rectificar y actualizar nuestro archivo de Asociados se adjuntó, en el anterior número de "Analema", un cuestionario para la puesta al día de los mismos, inquiriendo su dirección postal completa, teléfono y otros datos personales.

Este cuestionario se hacía necesario por la escasa comunicación que la mayoría de los socios mantienen con la Asociación, situación que originaba serias dudas sobre la correcta recepción del boletín y otras publicaciones, e incluso sobre la consideración de socios de algunas de las personas que como tal figuraban en nuestros ficheros.

Tenemos la satisfacción de comunicar que, se ha recibido 78 de los 110 cuestionarios enviados, (98 correspondían a personas físicas y los otros 12 a organismos oficiales o colectivos que no contestan habitualmente a este tipo de encuestas.) y en todas las contestaciones recibidas, excepto una, se nos indica el deseo de seguir recibiendo el Boletín, e incluso algunos asociados expresan su voluntad de contribuir regularmente con aportaciones económicas

Basándonos en estos resultados creemos que es posible que en el transcurso del próximo año el número de asociados activos de la Asociación de Amigos de los Relojes de Sol se incremente hasta sobrepasar la cifra de un centenar de personas o entidades

Informamos a quienes no nos han devuelto debidamente cumplimentado el cuestionario, por omisión o por no haberlo recibido, que aún así le seguiremos enviando el boletín 23 y un resumen del índice del número 24, interrumpiendo nuestra comunicación a partir del primer número del próximo año 1999. No obstante si desean recibirlo de nuevo podrán reinscribirse como nuevos asociados, comunicándonoslo por escrito.

Finalmente, indicamos a todos los lectores de "Analema", sean o no miembros de nuestra Asociación, que la Junta Rectora de la misma está siempre dispuesta a estudiar cualquier propuesta que reciba, para adaptar, modificar o mejorar la edición de este boletín informativo, dentro de las posibilidades materiales que la situación económica permita.

EDITOR

A B S T R A C T S

3. SIDERAL-TIME DIAL WITH CONIC GNOMON

It seems strange that a sun dial can show sidereal time, but it is well known that the Sidereal-time is determinate by the position of the ecliptic on the vault of heaven, what, in turn, can be fixed by the position of the Sun, (Vid. *Analema* 1 pag.7: Spanish translation of *Konstruktion eines siderisches Sonnenuhren* by H. Micnik (Published in *Astronomische Nachrichten* . 1924)

J. Moreno, author of some inspiring articles about his innovative conic gnomon sundial (vid *Analema* 21 page 3), applies now the same principle to design a Sidereal-time dial. Evidently the vertex angle of the cone is not the same as the sundial, it must be adjusted ($90^\circ - \epsilon$) according to the inclination ϵ of the ecliptic

This article was first published in English in the N.A.S.S. Bulletin *The Compendium*. num.2 , June 1998

7. GNOMONIC BOOKS IN KING PHILIPPE II EPOCH

M.M. Valdés present us a study about books dealing with gnomonic themes that could be found in the Spanish libraries in times of the much controvert King Philippe II of Spain. In spite of a decree of 1559 that restricted the stance of Spanish student in Universities out of Spain, the King was not a stranger to the scientific community. He created in 1582 the "Academia de Mathematicas " and in his own library many scientific books took place, even "*The Revolutionibus* " of Copernicus. In Salamanca University there are still three copies of this book, lightly censored, and possibly lectures were given simultaneously on both Heliocentric and Ptolemaic systems.

In a interesting table inserted in this article we can see that Mr. Valdés has found 24 books (14 of Spanish authors) printed before 1556. Between 1556 and 1598 21 more books, (3 of Spanish authors), and under Philippe III reign other 19 printed books, (4 of Spanish origin)

In the whole period from 1482 to 1620 he found 64 gnomonic books, 11 of Spanish authors and the rest foreigners. After all it is not so bad for a period not too brilliant for the Sciences and a King so abused by his reputed "oscurantismo"

10. MORE LATIN MOTTOES ON SUNDIALS

J. Moreno adds 64 more Latin Mottoes to the 1022 items compiled by J. de la Calle and published in 1997 by our Society with the title "*Las Leyendas Latinas de los Relojes de sol*" All this mottoes are translated into Spanish and, as usual, their origins can be found mainly in the Holy Scriptures and in texts of Virgil, Ovid, Tacitus and other classics.. *Diem dulce habete*, we wish to our readers

12. A SUNDIAL THAT NOT NEEDS TO BE ORIENTATED

A. Angulo has designed a dial that does not need to be exactly orientated in order to obtain solar time. Basically it is a sun's altitude dial, (as the Shepherds' dial) but the gnomon is an arc of circle horizontally disposed and the hour lines are engraved in a suitable plain tablet that can be adjusted according the day of observation. We think that it is really a new and ingenious dial

14. NOTES AND COMMENTS

1. A new and excellent book on Gnomonic translated to Spanish.
2. Literature and Gnomonics
3. Who winds up sundials ?
4. About the "Enserune Sundial".
5. An error in "Analema" 22.

16. ZAMORANO'S SUNDIAL

J del Buey explains mathematically the design of a sundial devised by Rodrigo Zamorano

Zamorano was born in 1543 and became an astrologer, mathematician and Cosmographer of the "Casa de Contratación de Indias," at Sevilla. This sundial figures in his "*Compendion del Arte de Navegar*," edited in 1581 and is based on an orthogonal projection of the heaven vault.

19. VECTORIAL GNOMONIC

As usual, A. de Vicente continues with his seemingly unquenchable , all-purpose vectorial system .

Este interesante artículo ha sido publicado en lengua inglesa en el Vol. 5 nº 3 de The Compendium, boletín de la North American Dial Society. En él se amplía el campo de aplicación de los relojes solares al tiempo sidéreo. Ofrecemos su versión original en español

RELOJES DE TIEMPO SIDÉREO CON GNOMON CÓNICO

J. MORENO BORES

Introducción

En un artículo reciente¹ he descrito un nuevo tipo de relojes con gnomon en forma de cono. Aunque el trabajo se centraba en las horas itálicas y babilónicas, mencioné que se podían diseñar fácilmente relojes con gnomon cónico para otros sistemas horarios como el llamado de tiempo sidéreo. Si bien el cono sidéreo es menos esbelto que el cono italico-babilónico, lo que se pierde en estética se gana en universalidad. En efecto, el cono sidéreo es universal en el sentido de que no depende de la latitud. A fin de repetirme lo menos posible, supondré que el lector me ha hecho el honor de hojear mi artículo anterior.

Las bases geométricas del reloj propuesto son bien simples. Entre las muchas definiciones posibles de tiempo sidéreo, la siguiente es particularmente útil para nuestro propósito: *Tiempo local sidéreo es el ángulo horario (medido en horas de 15°) del Punto Vernal*².

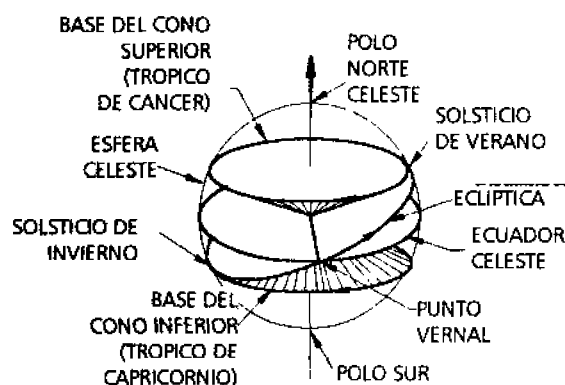


FIG. 1: HORAS SIDEREAS

El tiempo sidéreo local equivale al número de horas iguales que han transcurrido desde que el Punto Vernal ha cruzado el meridiano local.

Dicho en otras palabras, si el sol se mantuviera permanentemente en el Punto Vernal (en vez de desplazarse a lo largo de la eclíptica), un reloj de sol convencional marcaría también el tiempo sidéreo. En el equinoccio de primavera las cero horas del tiempo sidéreo coinciden con el instante en el que el Punto Vernal está exactamente en la dirección Sur.

En la esfera celeste (fig. 1) los círculos horarios de las horas sidéreas son aquellos que genera el círculo de la eclíptica al girar alrededor del eje celeste.

Para ser más precisos, los círculos horarios sidéreos son producidos por la rotación de la semicircunferencia de la eclíptica correspondiente al invierno y primavera. Esta rotación tiene el mismo sentido que el movimiento aparente del Sol. Así pues, el círculo horario correspondiente a cada hora n coincide con la posición de la mitad mencionada de la eclíptica después de haber girado $15.n$ grados. (supuesto que el giro comienza a las cero horas).

Estos círculos son tangentes a un cono circular de doble superficie (fig. 2) que tiene las siguientes propiedades:

- a) El eje del cono coincide con el eje celeste.
- b) El semiángulo cónico es la diferencia $90^\circ - \epsilon$ siendo $\epsilon = 23,44^\circ$ la inclinación de la eclíptica.
- c) Las dos intersecciones del cono con la esfera celeste son los dos trópicos.

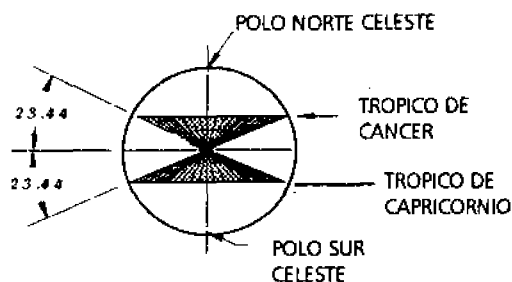


FIG. 2: EL DOBLE CONO SIDEREO

Como en el caso de los relojes de horas itálicas y babilónicas, los relojes propuestos se basan en la idea de utilizar el cono mencionado como un gnomon material y real. Podemos utilizar la sombra arrojada por el gnomon sobre un plano particular o sobre cualquier superficie, incluida la del propio gnomon.

En este artículo describiremos, a título de ejemplo, sólo unos pocos de los muchos relojes posibles.

En cualquier caso, quisiéramos hacer notar que una importante característica de estos relojes es que las sombras rectas del cono se ajustarán a las rectas horarias en toda su longitud, en vez de ajustarse sólo en un punto como sucede en los relojes sidéreos clásicos³.

¹ The Compendium, Vol. 5, No. 2, June 1998

² Como es sabido, el Punto Vernal es el punto donde el sol pasa desde el hemisferio austral al boreal. Es uno de los dos puntos de intersección de la eclíptica con el ecuador celeste.

³ La realidad es que los relojes solares de tiempo sidéreo con un gnomon puntual son extremadamente raros. Tengo la intención de preparar un artículo para la divulgación de estos relojes, casi desconocidos.

El gnomon cónico para tiempo sidéreo

Cuando el gnomon cónico convexo arroja su sombra sobre sí mismo, no es fácil distinguir con precisión el borde de la sombra. Trabajando como un reloj en sí mismo, el gnomon cónico es muy poco práctico pero, en cambio, es muy útil para ayudarnos a diseñar relojes más complejos.

Para facilitar la explicación y comprensión de estos conceptos, recomiendo al lector que construya en cartulina un cono con un ángulo $2 \cdot (90^\circ - 23,44^\circ) = 133,12^\circ$, para lo cual puede proceder como sigue:

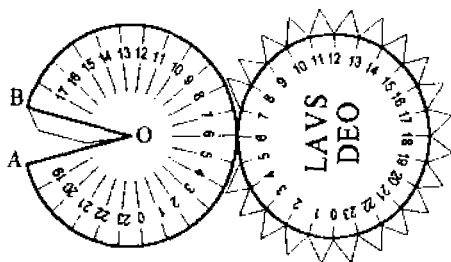


FIG. 3: CONO SIDÉREO SUPERIOR

- Trazar una circunferencia (FIG. 3) con centro O y radio OA. El punto OA será el vértice del cono, y OA la generatriz
- Trazar el radio OB que forma con OA un ángulo $360 \cdot (1 - \cos 23.44) = 29.7^\circ$. La superficie OAB será la superficie lateral del cono.
- Calcular $R_{\text{BASE}} = OA \cos 23.44 = 0.9175 \cdot OA$
- Para obtener la base del cono, trazar un círculo de radio R_{BASE} (en la figura 3, el círculo con el lema *Laus Deo*).
- Dividir la circunferencia del círculo anterior en 25 partes iguales (es decir, cada parte igual a $360/24 = 15^\circ$, y numerar las divisiones en el sentido de las agujas del reloj mecánico).
- Dividir el arco AB (en el primer círculo) en 24 partes iguales, es decir, cada parte de $[15 \cdot \cos 23.44] = 13.76^\circ$ y numerar las divisiones obtenidas de acuerdo con la numeración de la base.
- Recortar las siluetas y encolarlas de modo que formen el cono. El cono obtenido y así rotulado será el cono superior de la figura 1, correspondiente a primavera y verano. El cono para otoño e invierno será idéntico pero con las divisiones numeradas en sentido contrario

Ahora resta sujetar o fijar los conos de tal modo que los ejes de ambos estén alineados con el eje del mundo. Girar los conos alrededor de su eje hasta que la generatriz más oriental del superior y la generatriz más occidental del inferior sean las que se indican

Para utilizar uno de estos conos como un reloj en

sí mismo, nótese que el sol iluminará la mitad del cono mientras que la otra mitad quedará en la sombra, es decir, habrá dos límites o fronteras entre las zonas iluminadas y las de sombra. Una de estas fronteras indicará la hora sobre las divisiones que hemos trazado en los conos. ¿Cuál de las dos? Precisamente aquella para la que la secuencia luz-sombra ocurre en el sentido de las agujas del reloj mecánico⁴ (para cualquiera de los dos conos).

El reloj que acabamos de describir es un tanto teórico por la casi imposibilidad práctica de distinguir con precisión la frontera entre las zonas iluminada y sombreada. La utilidad real de estos conos es familiarizar al lector con la generación de las horas sidéreas. En efecto, este simple reloj no es sino la materialización del concepto de horas sidéreas. Con su ayuda se puede llevar a cabo fácilmente el diseño de relojes más complejos en los que el gnomon cónico arroja su sombra sobre el plano del reloj.

Para ello basta aplicar el siguiente principio: *La intersección del plano o superficie (sea la que sea) del reloj con el plano tangente al cono anteriormente construido en una división determinada definirá la línea horaria para esa hora particular.*

Nótese que las divisiones anteriores del cono no fueron más que meros recursos didácticos para facilitar la explicación y ya no es necesario que figuren en los relojes que veremos a continuación.

Relojes ecuatoriales

Siguiendo las consideraciones anteriores, el diseño de un reloj ecuatorial (fig. 4) es trivial. En este caso, las dos mitades del cono (superior e inferior) son necesarias

Las rectas horarias resultantes forman una composición equiangular (fig. 5), como era de esperar.

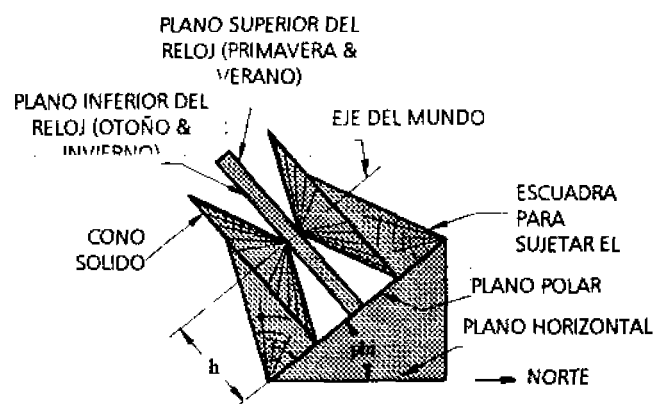


FIG. 4: RELOJ ECUATORIAL

⁴ Supuesto que el observador esté situado en el vértice del cono

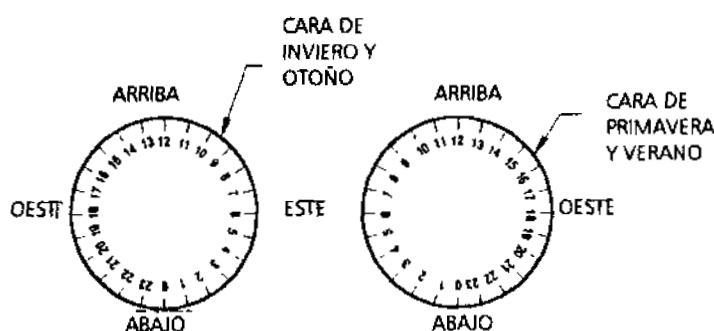


FIG. 5: RELOJ ECUATORIAL

Nótese que las rectas horarias avanzan en el sentido de las agujas del reloj mecánico para el reloj superior y al contrario para el otro.

Los amantes de los diseños de estrellas complicadas pueden utilizar troncos de cono en vez de conos completos de forma análoga a los que describíamos en nuestro último artículo. En este caso las rectas horarias serán tangentes a las bases menores de los troncos de cono.

Diseño del reloj sobre un plano de cualquier orientación e inclinación:

Procedimiento analítico general

Tal como hemos dicho antes, las líneas horarias serán las intersecciones del plano del reloj con los planos tangentes a las rectas horarias de los conos de cartulina anteriores. Las intersecciones se pueden determinar por procedimientos elementales, tanto gráficos como analíticos

El plano del reloj se puede definir por dos parámetros: La orientación o declinación gnomónica (d) y la inclinación (i).

En lo que respecta al sistema de coordenadas de referencia, utilizaremos el mostrado en la figura 5 de mi artículo anterior en "The Compendium, Vol. 5, No. 2, June 1998."

La ecuación de las rectas horarias es:

$$Ax + By + Ch = 0$$

En donde:

$$A = [\cos \delta \cos 15n - \sin \varphi \sin \delta \cdot \sin 15n - \dots - \cos \varphi \sin \delta \cdot \cot 23.44]$$

$$B = [\sin \delta \cdot \cos i \cdot \cos 15n + \dots + (\sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos i + \cos \varphi \sin i) \cdot \sin 15n + \dots + (\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos i - \sin \varphi \sin i) \cdot \cot 23.44]$$

$$C = [\sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos 15n - \dots - (\cos \varphi \cdot \cos i - \sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin i) \cdot \sin 15n - \dots - (\sin \varphi \cdot \cos i + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin i) \cot 23.44]$$

h es la distancia desde el vértice del cono al plano del reloj. Por ejemplo, la cara inferior del reloj ecuatorial es el plano definido por $d=0$, $i=(90^\circ - \delta)$.

Si el vértice está sobre el plano (fig. 4), $h = 0$.

Después de sustituir y simplificar obtendremos:

$$x = -(\tan 15n) y$$

que es la ecuación de las rectas horarias.

En general con este procedimiento el lector podrá calcular un reloj sobre cualquier plano que desee.

Otros enfoques

Dependiendo de si el vértice del cono es o no un punto del plano del reloj, podemos dividir estos relojes en dos tipos diferentes. Si el vértice no pertenece al plano del reloj, el diseño se puede abordar por cualquier procedimiento tradicional⁵ suponiendo que el gnomon puntual es el vértice del reloj.

Sin embargo, tanto para este caso como para el caso general, quizás el procedimiento más fácil sea desarrollar un método de diseño específico que refleje el hecho de que la intersección del plano del reloj con el plano tangente al cono (en una hora sidérea particular, de las que marcamos anteriormente en las generatrices del cono de cartulina) definirá cada línea horaria buscada.

En el resto de este artículo esbozamos unos pocos ejemplos.

Un reloj polar

En la figura 6 se muestra una sección de un reloj polar orientado al mediodía. La solución analítica se obtiene haciendo $d = 0$ y $i = 180^\circ - \varphi$ en la ecuación general.

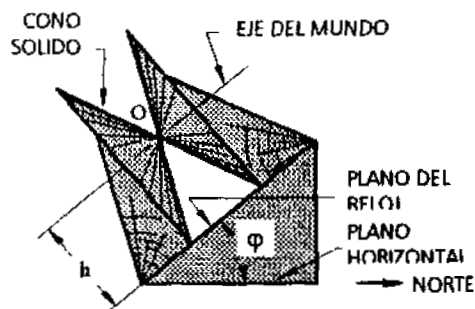


FIG. 6: RELOJ POLAR

Si se prefiere un método gráfico, se puede proceder como sigue: (Fig 7)

1º) Trazar el sistema de ejes OXY de referencia. El punto O es la proyección ortogonal del vértice del cono (fig. 6) sobre el plano del reloj. El eje Y es la línea de máxima pendiente del plano del reloj. El eje X es perpendicular al eje Y.

⁵ Por ejemplo, los métodos de Michnik para relojes de gnomon puntual

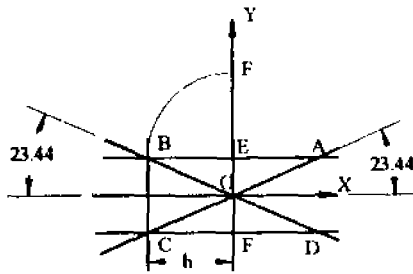


FIG. 7: RELOJ POLAR

- 2º Trazar (fig. 7) las líneas BD y AC que forman ángulos de 23.44° con el eje X. La recta BD será la línea de las 12 horas. La recta AC será la línea de las cero horas.
- 3º Trazar (fig. 7) las líneas AD y BC, ambas paralelas al eje Y a una distancia del h. del mismo.
- 4º Trazar (fig. 7) las líneas BA y CD, ambas paralelas al eje X. La recta BA será la línea de las 18 horas y la CD la de las 6 horas.
- 5º Trazar el círculo de centro E y radio BE (fig. 7). Sea G el punto de intersección con el eje Y.
- 6º Con centro en G y radio GE trazar una semicircunferencia (fig. 8) y dividirla en 12 partes iguales como se indica en la figura. Trazar los radios correspondientes a esas divisiones. Marcar las intersecciones de los radios con la línea de las 18 horas (la línea AB, fig. 8). Por cada una de estas intersecciones trazar paralelas al eje Y
- 7º Trazar el resto de las horas sidéreas de acuerdo con el esquema⁶ que se indica en la figura 8. En esta figura las horas sidéreas correspondientes a invierno y primavera se han trazado con línea continua mientras que las de trazos corresponden a verano y otoño.

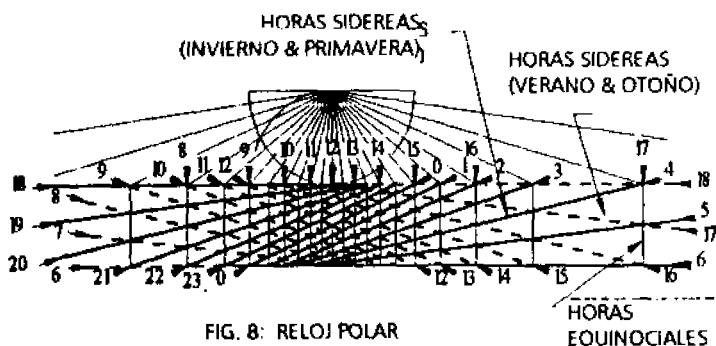


FIG. 8: RELOJ POLAR

Dos ejemplos más: Un reloj combinado

Los planos de los relojes A y B de la figura 9 son tangentes al gnomon cónico y orientados exactamente hacia el sur

Las ecuaciones de sus líneas horarias se pueden calcular de forma inmediata a partir de la ecuación

⁶ Un diseño similar se obtiene para otros relojes polares, como los relojes verticales orientados a poniente o a levante

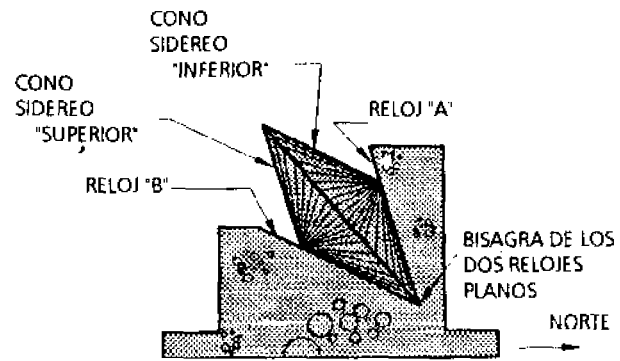


FIG. 9: UN RELOJ COMBINADO

general anterior sin más que hacer $i=90^\circ+\epsilon-23.44^\circ$ y $d=0$ para el reloj "A", y $i=90^\circ+\epsilon+23.44^\circ$ y $d=180^\circ$ para el reloj "B".

Para los dos relojes es $h=0$.

Otro método alternativo es referir ambos relojes a relojes convencionales de horas equinocciales sobre los mismos planos, como sigue (fig. 10):

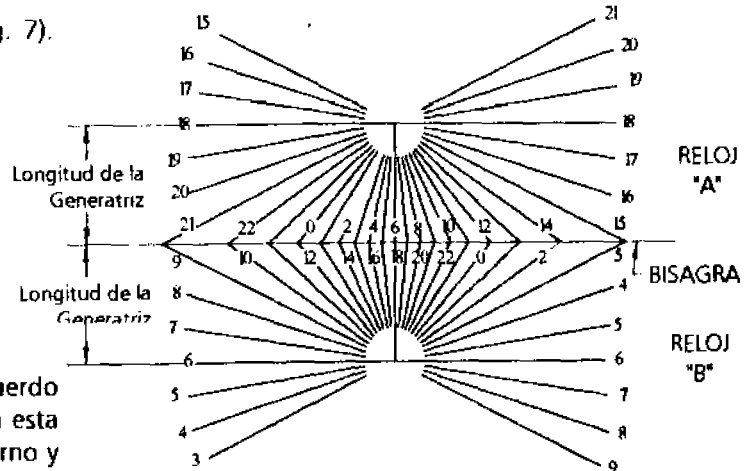


FIG. 10: DISEÑO DEL RELOJ

- 1º Diseñar un reloj convencional de tiempo verdadero para el plano "A", suponiendo que el gnomon lineal arranca de la posición del vértice del gnomon cónico del reloj sidéreo. Incluir en el diseño las del reloj sidéreo. Incluir en el diseño las líneas horarias correspondientes a las medias horas. Rotular la línea de las 6 horas verdaderas como las 18 sidéreas, la de las 6½ como las 19, la de las 7 horas como las 20, la de las 7½ horas como las 21, etc.
- 2º Repetir el proceso para el plano "B", pero mantener el rótulo de la línea horaria de las 6 horas y rotularla línea de las 6½ horas verdaderas como las 7 sidéreas, la de las 7 horas como las 8, la de las 7½ horas como las 9, etc.

Como cualquier otro reloj de horas sidéreas, este reloj doble no es de muy fácil lectura para profanos.

Dios mediante, en un próximo artículo trataré de la historia, lectura y diseño de los relojes solares de tiempo sidéreo, tan desconocidos.

LOS AUTORES DE OBRAS DE GNOMÓNICA EN LA ÉPOCA DE FELIPE II

M.M. VALDÉS

Felipe II

La imagen de Felipe II (1527-1598) se mueve entre la descrita en la "*Leyenda Negra*" y la que algunos historiadores actuales han acuñado en la "*Leyenda Rosa*", entre un monstruo de fanatismo y crueldad y una víctima de la tergiversación de sus actos¹. Entre ambas caben todos los matices. Marañón eligió la de "un hombre débil con poder". Cada uno es libre de calificar al monarca según su propio criterio, pero antes de hacerlo es recomendable documentarse. Esta tarea no es fácil, pues la investigación directa requiere una dedicación y un tiempo que supera, sin duda, la extensión de una vida entera². Por eso el conocimiento de sus actos se produce a través de los escritos de sus historiadores que, por muy imparciales que quieran ser, siempre están teñidos por el criterio propio del escritor o historiador.

Para aumentar la gran cantidad de artículos, libros, exposiciones, conferencias, que con motivo del 400 aniversario de su muerte, se han producido este año y contribuir (aunque sea tangencialmente) a definir aspectos de la investigación científica durante su reinado he compuesto el cuadro que figura en la última hoja de este artículo. En él se relacionan los autores que publicaron, en Europa, trabajos impresos que tratan de Gnomónica, en la época de Felipe II. Su análisis nos permitirá conocer el desarrollo de esta ciencia así como la contribución de los autores españoles.

La Gnomónica

La Gnomónica es una parte de la Astrología y también de la Cosmografía que atrajo a numerosos escritores por su relación práctica con la medida del tiempo, por los conocimientos geométricos y matemáticos que su teoría requiere o por su enlace con objetos artísticos o susceptibles de comercio.

El ambiente

Es preciso recordar el decreto de 1559 prohibiendo la salida de estudiantes españoles a otras Universi-

dades que lastró a la cultura de la Península con un aislamiento de graves consecuencias

Felipe II intentó también controlar el pensamiento en las Universidades (instrucción al Rector de Salamanca de octubre de 1558)³ mediante la investigación de la circulación de libros teológicamente sospechosos.

Esta política y la descomposición del Imperio tienen como consecuencia que, cuando en Europa comienza la renovación científica del siglo XVII, España se encuentre ausente. Entre las grandes figuras de este despertar: Kepler, Galileo, Descartes, Newton ... no figura ningún español.

Felipe II no era ajeno al mundo científico, fundó en 1582 la Academia de Mathematicas en Madrid. La náutica ocupaba un lugar destacado entre sus enseñanzas⁴: cosmografía, geografía y topografía. El monarca fue consciente del aislamiento científico y quiso contribuir, una veintena de años después de su prohibición, a fomentar el desarrollo cultural y científico.

No resulta fácil evaluar las consecuencias prácticas del aislamiento, pues, por un lado, los impedimentos oficiales estaban centrados principalmente en materias religiosas y por otro podían fácilmente ser burlados dada la movilidad de las clases superiores de la sociedad a través de los distintos dominios del Rey.

La Casa de la Contratación de Sevilla era el centro de formación de los pilotos de la carrera de las Indias. Según la cédula de Felipe II⁵ que nombraba profesor a Jerónimo de Chaves, éste debería ocuparse de enseñar, entre otras materias, el "*uso de relojes diurnos o nocturnos*".

Objeciones a la teoría de Ptolomeo

La Cosmología universalmente aceptada en la

¹ Luis Ribot García: *Un Príncipe del Renacimiento. La aventura de la Historia*; año 1 nº1 noviembre 1998

² El Rey, en un día de trabajo, podía firmar cerca de 200 documentos. Trabajaba muchos días al año, en su madurez sólo se dedicaba al ocio cuando el trabajo le rendía.

³ David Goodman: *Poder y penuria Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*. 1988

⁴ David Goodman: *Poder y penuria Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*. 1988. pp 96.

⁵ David Goodman: *Poder y penuria Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*. 1988. pp 99.

época de Felipe II⁶ fue cuestionada en dos ocasiones durante su reinado, por estudiosos hispanos. En 1572 Hierónimo Muñoz (Valencia) observó cuidadosamente una nova y llegó a la conclusión de que el Cielo no era inmutable, anticipándose a la misma conclusión a la que llegó Brahe.

Diego de Zúñiga, en 1584, aceptó la hipótesis Copernicana de una Tierra planetaria. Esta hipótesis estuvo más tarde ligada al proceso de Galileo en Roma. Sin embargo en España no provocó ninguna reacción adversa.

Como Copérnico no era reformista, no estaba considerado como peligroso por el Rey o por la Inquisición. El propio Rey poseyó una copia de "De Revolutionibus" aunque probablemente no llegó a leerla o si lo hizo no captó el alcance de la teoría.

En la Universidad de Salamanca⁷, que posee tres ejemplares de la edición de Basilea de 1566 (2ª)⁸, se pudo leer a Copérnico, aunque no se hizo, probablemente por el escaso rigor o impulso investigador de los conocimientos cosmográficos en esta Universidad.

Libros impresos

Resulta obvio recordar que la muestra de los libros que hoy se pueden consultar en las principales bibliotecas españolas (Nacional, Palacio Real, Escorial, Historia...) pueden no constituir una muestra representativa de los que en su día estuvieron al alcance de los estudiosos. Pero es la única muestra que poseemos.

Los escritores españoles (Martínez Población, Hugo Helt, Rojas, Aguilera, Pérez de Moya, Roiz, Arphe, Cristóbal de Rojas, fray Marcos, Dávila y Heredia, Manrique de Castilla...) no tuvieron un papel destacado en la investigación o el desarrollo, aunque algunos, como Pedro Roiz, nos hayan dejado libros elementales, pero escritos con rigor y precisión.

En los tres cuartos de siglo anteriores al advenimiento de Felipe II un 17% de los autores son españoles y se conservan en nuestras Bibliotecas el 55%

de los libros más importantes impresos. Estas cifras bajan al 14% en los autores y suben al 61% en los libros conservados, durante el reinado.

El elevado porcentaje de libros conservados desde el reinado de Felipe II, pese a las destrucciones, incendios saqueos... , resulta asombroso.

Quizás la explicación se encuentre en el doble rasero que se debía aplicar a la Biblioteca Real y al resto del país.

En cambio el número de autores nacionales y la importancia de sus escritos resultan muy bajos para el momento histórico que se analiza. España, la potencia más importante de aquella época, que imponía su idioma, la forma de hacer la guerra, sus costumbres, la moda..., debió tener una representación más brillante en este campo de la ciencia. Campo menor, pero ligado a la Cosmografía y Arte de Navegar, materias en las que tanto Portugal como España desempeñaron un brillante papel.



Felipe II joven
Tiziano
Museo del Prado, Madrid

⁶ El Almagesto de Ptolomeo y las Tablas Alfonsinas. Sistema geocéntrico, con un cielo inmutable, que fue complicándose con el paso del tiempo para adaptarse a las nuevas observaciones que los perfeccionados instrumentos iban aportando.

⁷ Manuel Fernández Álvarez: "Copérnico y su huella en la Salamanca del Barroco". Universidad de Salamanca 1974

A principios del reinado de Felipe II, La Universidad de Salamanca va a sufrir una reestructuración de su funcionamiento. Ese será el resultado de la visita del Obispo Diego de Covarrubias que supuso un nuevo plan de estudios.

⁸ Uno de ellos fue censurado por la Inquisición en 1707

Lista de autores de libros de Gnomónica (impresos)

ejemplar existentes en biblioteca española
en letra cursiva: autores españoles

<i>Güttemberg</i> (1.460 Biblia) poco antes calendarios			Commandinus F.	(1.562-1572)	#
<i>Regiomontano</i> , Johan Müller (1.436-1.482)	#		Vinet Elie. (Vinetus)	(1.564)	
Angelus Joannes	(1.494)	#	Vimerator J.B.	(1.565)	#
1.500 se abandona definitivamente el sistema temporario			<i>Pérez de Moya</i>	(1.568-1573)	#
Stoeffler J.	(1.518-1535)	#	Forcadell P.	(1.568)	
Kratcher Nicholas	(1.520)		Scultetus (Schulz) Bartholome	(1.572)	
<i>Münster Sebastian</i>	(1.521-1575)	#	Paduanii Ioannes Veronensis	(1.570 -1.582)	#
Bonetus de Latis Hebraei	(1.5227)	#	Benedicti J.B.	(1.574)	#
Dürer Albrecht	(1.525)	#	<i>Roiz Pedro</i>	(1.575)	#
Hartmann G.	(1.527)		Vitekindi H.	(1.576)	#
<i>Apianus Petri</i>	(1.529-1533)	#	<i>Clavius Cristophoro</i>	(1.580-1602)	#
			Rubei D. Theodosii	(1.581)	
1.533 <i>Copernico</i> . Commentariolus (opúsculo manuscrito)			<i>Galileo</i> *1.564 + 1.642 Saggiatore		
Fine Orancio	(1.532-1587)	#	1.582 Bula "Inter Gravissimas" calendario gregoriano en los		
Mithobius Burckhard	(1.536)		países carólicos.		
Driande J.	(1.537-1543)		<i>Arphe Juan de</i>	(1.585)	#
Orsini	(1.538)		Apianus Phillipp	(1.586)	#
Maurolucus Fr.	(1.543-1575)	#	Galluci Giovanni Paolo	(1.590-1598)	#
1543 <i>Copernico</i> . De revolutionibus orbium coelestium			Fale Thomas	(1.593)	
Martínez Población Juan	(1.518-1.550)	#	Sandolini F. Cherubino	(1.596-1599)	#
Hulse Levini	(1.547)		<i>Felipe II</i> (+ 1.598) <i>Felipe III</i>		
Froschonerus Christph.	(1.548)		Pini Valentino	(1.598)	
Helt Hugo	(1.549)	#	<i>Rojas Cristobal de</i>	(1.598)	#
1550			Saminiatus Federicus	(1.599)	#
<i>Rojas Sarmiento Juan de</i>	(1.550)	#	1.600		
Haci Matias	(1.5507)		Voelli R.P.Joan. SJ.	(1.608)	
Gerners Conrad	(1.550)		<i>Fray Marcos</i>	(1.601)	
Beausardus P.	(1.553)	#	Magini Patavino Giovanni Ant.	(1.609)	#
<i>Aguilera Juan</i>	(1.554)	#	<i>Dávila y Heredia Andrés</i>	(1.614)	#
Ulmer Johann Conrad	(1.556)	#	Oddi Mutio	(1.614)	#
<i>Felipe II</i> 1.556			Schomberg Juan Gregorio	(1.615-1622)	
Gemma Frisius R.	(1.556)	#	Wanckelius	(1.615)	
Boissiere Daulphinoys Claude	(1.556)		Haracourt de Chamblay C.F.	(1.616)	
Heller Ioachimius	(1.562)		Fuligatti G. S.J.	(1.616)	#
Bullant Iehan	(1.561)	#	Salodi H.	(1.617)	
			Floutrieres P.	(1.619)	#
			<i>Manrique de Castilla Pedro</i> (1.620)		

Tabla 1

Número de libros impresos
en los períodos de tiempo
que se indican:

			autores extranjeros	en bibliotecas españolas	autores españoles	en bibliotecas españolas	TOTAL AUTORES	Autores Españoles / Total	biblioteca / autores extranjero	biblioteca / autores españoles
Periodo inicial	(74 años)	1482-1555	20	11	4	4	24	17%	55%	100%
Reinado de Felipe II	(43 años)	1556-1598	18	11	9	3	21	14%	61%	100%
Felipe III	(21 años)	1600-1620	11	5	4	2	19	21%	45%	50%
TOTAL GENERAL		1482-1620	49	27	11	9	64	17 %	--	--

MÁS LEYENDAS LATINAS EN RELOJES DE SOL

J. MORENO BORES

Las más de mil divisas latinas recopiladas por el profesor J. de la Calle y publicadas en un folleto editado por nuestra Asociación han gozado de la divulgación que su esfuerzo de recopilación merecía. Hoy día, es una de las más extensas y cuidadas de todas las publicadas. Los lectores de ANALEMA que no dispongan de un ejemplar pueden ver reproducido el texto en *Internet*, en la excelente página de *Sundials on the Internet*, en donde Nicholson lo califica de "magnífico". También el profesor brasileño Luiz Jean Lauand se ha hecho eco de la colección y ha seleccionado de ella cien sentencias y les ha añadido unas ingeniosas glosas". Y asimismo están recogidas y ampliadas en una reciente publicación de nuestro asociado el Dr. Ing. R. Soler Gayá, en su libro "*Diseño y Construcción de Relojes de Sol y de Luna*".

Desde hace tiempo vengo tomando nota de aquellas leyendas latinas que no aparecen en la colección mencionada, o que son variantes suficientemente diferenciadas de las de la misma. A continuación relaciono unas cuantas docenas de ellas, que brindo a Jesús de la Calle por si las estima merecedoras de ser incluidas en la próxima edición de su folleto.

Amici, diem perdidit = Amigos, he perdido el día (Suetonio).

Brevis hora est = La hora es breve (Ovidio).

Brevis ipsa vita est sed malis fit longior = Nuestra vida es breve pero las desgracias la hacen más larga.

Carpe diem, quod minimum credula postero = Aprovecha el día, y piensa poco en mañana (Horacio).

Christus solus mihi salus = Cristo es mi única salvación.

Da mihi solem, dabo tibi horam = Dame el sol y te daré la hora.

Diem dulce habete = Que paséis un buen día.

Discipulus est prioris posterior dies = Cada día es discípulo del que le precede (Publilio Siro).

Dominus illuminatio mea = El Señor es mi luz (divisa de Oxford).

Dum fugit umbra, simul fugit irreparabile tempus = Mientras la sombra huye, el tiempo huye irreparablemente.

Dum loquimur, fugerit invida aetas = Mientras hablamos, huye el tiempo envidioso (Horacio).

Dum loquor, hora fugit = Mientras hablo, la hora huye (Ovidio).

Dum spiro, spero = Mientras respiro, espero.

Eheu fugaces labuntur anni = ¡Cómo pasan los años fugaces!

Etiam capillus unus habet suam umbram = Incluso un solo cabello tiene también su sombra (Publio Siro).

Ex iis una cave = Entre estas [horas] teme una.

Ex luna, scientia = De la luna, el conocimiento.

Fugit interea, fugit irreparabile tempus = Mientras huye [la sombra], el tiempo huye irreparablemente (Virgilio).

Fugiant, freno non remorante, dies = Pasan los días sin que nadie los detenga (Ovidio).

Horam ultimam idcirco dominus noster voluit incognitam, ut semper possit esse suspecta = Nuestro Señor quiso que la última hora de nuestra vida nos fuese desconocida, para que siempre fuese sospechada [como la presente] (S. Gregorio).

Horas doceo = Indico las horas.

Horas tibi serenas = Que las horas [sean] para ti serenas.

In ictu oculi = [La vida pasa] en un abrir y cerrar de ojos.

Lux spei, lux vitae = La luz de la esperanza es la luz de la vida.

Mihi forsan, tibi quod negarit, porriget hora = Quizás la hora me ofrezca lo que a ti te ha negado (Horacio).

Nec quae praeterit hora redire potest = La hora pasada ya no puede retornar.

Nec quae praeterit iterum renovabitur unda, nec quae praeterit hora redire potest = No se puede lograr que retorne el agua que pasó, ni reclamar que vuelva la hora pretérita.

Nec ultima si prior = Ésta no es la última, sino la anterior.

Nemo mortalium omnibus horis sapit = No [hay] un mortal que sea sabio a todas horas.

Nescitis diem neque hora = No conocéis ni el día ni la hora.

Non dum omnium dierum solem occidit = El sol del último día no se ha ocultado todavía (Livio).

Noto horas = Marco las horas.

Nulla dies maerore caret = Cada día trae su pesar.

Nunc est bibendum = Es tiempo de una copa.

Omnia aliena sunt tempus tantum nostrum est = Nada nos es más extraño que el tiempo (Séneca).

Omnia tempus revelat = El tiempo todo lo descubre.

Omnia transibit, nos ibimus, ibitis, ibunt, cari et non cari, condicione pari = Todas las cosas pasarán, pasaremos nosotros, pasareis vosotros, pasarán todos, amados y no amados, con suerte igual.

Plures adorant solem orientem quam occidentem = El sol que nace tiene más adoradores que el que muere.

Post nubila phoebus = Después de las nubes vendrá el sol.

Ruit hora = La hora corre (Virgilio).

Sed omnes una manet nox = Pero una noche nos está esperando a todos (Horacio).

Semper amicis hora = Para los amigos siempre es hora.

Sic fausta quae labitur = Que esta hora te sea favorable.

Sic nostra labitur aetas = Así pasa nuestra edad.

Sic transit fabula mundi = Así va pasando la novela del mundo.

Sine lumine pereco = Sin la luz perezco.

Stat crux dum volvitur orbis = Mientras el mundo gira, la cruz permanece.

Stat sua cuique dies: breve et irreparabile tempus omnibus est vitae = Ya está decidido el día para cada cual. El tiempo de vida es corto e inamovible para cada uno (Virgilio).

Stude nunc taliter vivere, ut in hora mortis valeas potius gaudere quam timere = Trata ahora de vivir de modo que en la hora de la muerte puedas más bien alegrarte que temer (Kempis).

Suis spatiis transeunt universa sub coelo = Todo lo que hay bajo el cielo pasará en el término prescrito.

Tantum valet tempus quantum Deus, nam in tempore bene consumpto comparatur Deus = El tiempo vale tanto como Dios, pues con el tiempo bien empleado se consigue a Dios (S. Bernardino de Siena).

Tarda fugit piger, velox operantibus hora = Lenta pasa la hora para los perezosos y veloz para los que trabajan.

Tarde velle nolentis est, qui distulit diu, noluit = Querer tarde es no querer: quien aplaza es que no quiere.

Tardiora sunt remedia quam mala = Los remedios vienen más despacio que los males (Tácito).

Tempora quid valeant dicit labilis umbra = La huida de la sombra nos dice lo que vale el tiempo.

Tempora si fuerint nubila, solus eris = Si el cielo se nubla, quedarás solo (Ovidio).

Tempore labuntur more fluentis aquae = El tiempo corre como el agua (Ovidio).

Tempus dolorem lenit = El tiempo mitiga los dolores.

Tempus nascendi et tempus moriendi = Hay un tiempo de nacer y un tiempo de morir (Eccles.).

Ut hora sic dies nostri super terram = Como una hora, así [son] nuestros días sobre la tierra.

Velut umbra praeterit vita hominis = La vida del hombre pasa como una sombra.

Verbum domini manet in aeternum = La voz del Señor permanece eternamente.

Zelus et iracundia minuunt dies = La envidia y la ira abrevian los días.

JMB. ENERO 1999

¹ Jesús de la Calle, *Las Leyendas Latinas de los Relojes de Sol*, A.A.R.S., Madrid 1997.

* "This magnificent list has been compiled by Sr. Jesus de la Calle, who is the librarian of the Spanish Sundial Society. His kindness in making this list available on the Internet is most gratefully acknowledged".

La dirección de la página correspondiente de *Sundials on the Internet* es: <http://www.sundials.co.uk/mottoesp.htm>

ⁱⁱⁱ El lector puede encontrar el artículo del profesor Lauand también en Internet:

http://www.hottopos.com/mirand5/et_pilo_sua_umbra.htm



Antonio Angulo describe en este artículo un nuevo tipo de reloj que mide la hora por la altura del sol, como el conocido reloj de Pastor, pero en el que las líneas horarias se han trazado en una placa desplazable según la declinación solar. Utiliza un ingenioso gnomon, formado por un semicírculo horizontal, permite que no sea necesario orientar este cuadrante perpendicular a la línea acimutal del Sol. M.L.

RELOJ DE SOL QUE NO PRECISA ORIENTACIÓN

A. ANGULO

Se describe en las presentes líneas un tipo de reloj de sol que se diferencia fundamentalmente de los normales en que no precisa tener ninguna orientación definida.

Se presenta como novedad, pues el autor desconoce la existencia de cualquier otro modelo igual o análogo

DESCRIPCIÓN

Haciendo referencia a la Figura 1ª se aprecia una placa o superficie plana (1) que ha de ser vertical, para lo cual puede colgarse, por ejemplo, con una anilla y unas cuerdas o cadenitas (2) o bien apoyándose sobre un soporte, no dibujado, que lo mantenga vertical.

En su parte superior, y hacia el centro de dicha placa se ha situado un pasador (3). Tomando este punto como centro, están dibujados los arcos (4) en los que se indican los diversos meses del año. En el centro de tales arcos, o sea, en la misma vertical del pasador (3), se sitúan los equinoccios, mientras que los solsticios son los extremos de tales arcos. Los nombres de los meses quedan enmarcados entre los repetidos arcos.

Alrededor del pasador (3), puede girar la única pieza móvil del reloj. Es una superficie plana (5), de cuya

parte inferior sobresale un pequeño triángulo negro cuyo vértice se situará frente al día del mes en que se quiera saber la hora, marcado en los arcos (4). Esta superficie (5) tiene trazadas las precisas líneas de horas.

En la perspectiva de la Figura 1ª no se aprecia con la deseada claridad la forma de esta superficie (5), por lo que se la ha representado separada en la Figura 2ª.

Sobre la superficie (5) se encuentra una placa transparente en cuyo centro se ha trazado una línea vertical (6) que pasa por el centro del pasador (3) y servirá de referencia fundamental.

Por último, y a menor altura que el pasador (3) se situará el

GNOMON CIRCULAR.

Está señalado por el número (7) y se ha denominado así por su forma y por ser el elemento cuya sombra define la hora.

Se ha materializado con un alambre, por supuesto de forma circular, situado horizontalmente y cuyo

centro ha de estar en la línea de referencia (6), a

menor altura que el pasador (3). También podría ser el borde de cualquier superficie de revolución, cuyo eje sea precisamente la mencionada referencia vertical (6).

Es destacable que este gnomon ha de fijarse rigidamente a la placa (1), pero ha de permitir el giro de la superficie (5), por cuya razón no puede insertarse en la cara delantera de la placa (1), ya que la zona inmediata a dicha placa impediría el giro mencionado.

En el modelo descrito se fija a la parte trasera de la citada placa (1).

FUNCIONAMIENTO

La superficie móvil (5) deberá girarse hasta que el índice (triángulito negro) se sitúe frente a la fecha en que vaya a hacerse la observación.

Se señala que los meses situados en el segmento superior corresponden al invierno y primavera, estando los restantes en el segmento inferior.

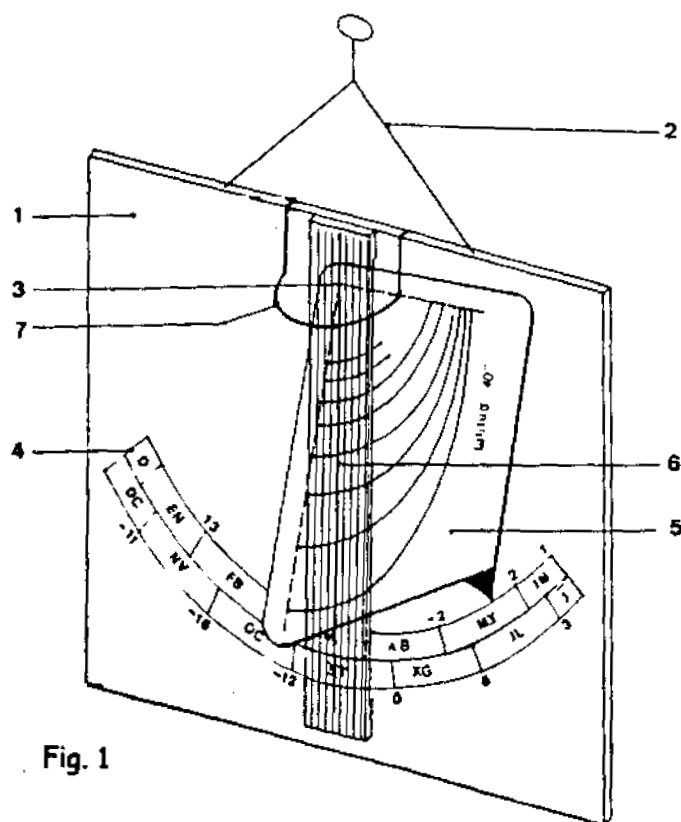


Fig. 1

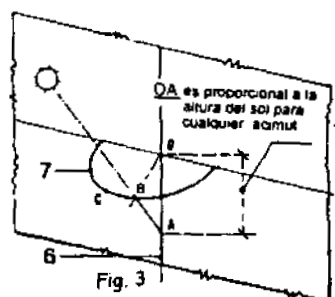


Fig. 3

Colocando verticalmente la placa (1) se apreciará que la sombra del gnomon circular (7) intercepta a la referencia vertical (6) en un punto concreto, frente al cual se encuentra la hora, definida por alguna de las líneas horarias dibujadas en la superficie (5), o interpolando entre dos de ellas.

Resulta importante destacar que puede utilizarse cualquier orientación de la placa (1) siempre que se conserve vertical. Este concepto se aclara en la Figura 3ª, en donde se han esquematizado la placa (1), la referencia (6) y el gnomon circular (7).

En efecto, el punto A que recibiría el rayo de sol dibujado se encuentra en sombra por el trozo de alambre situado en el punto B del gnomon circular. Si se hace girar al conjunto de la placa (1) alrededor del eje (6), será otro punto, el C, el que ocupe el lugar que tenía el B, pero en todo caso arrojará también la sombra sobre el mismo punto A por lo que también será igual la hora señalada.

La diferencia de altura entre el centro geométrico O y el punto de sombra A ya citado representa una medida de la altura del sol, que es lo que permite conocer la hora. Esta diferencia de alturas se ha acotado en la figura 30.

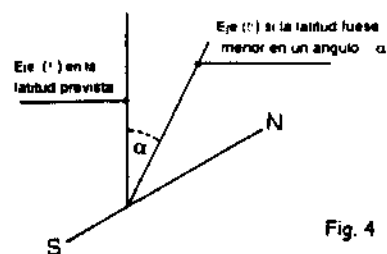
ECUACIÓN DEL TIEMPO

Debido a que la eclíptica ú órbita que recorre la Tierra alrededor del sol no es circular, no son iguales todos los días del año, acusando unas diferencias que son bastante parecidas para todos los años. Estas diferencias son las definidas en la "Ecuación del Tiempo", correspondiendo una para cada día del año.

Los minutos (redondeando sus fracciones) que cada día deben sumarse o restarse de la hora señalada por el reloj, para tener la hora exacta, se han escrito fuera del enmarcado de los meses, para los días primeros de cada mes. Pueden anotarse para más días,

FUNCIONAMIENTO DEL RELOJ EN DIFERENTES LATITUDES

Un reloj del tipo descrito, construido para una latitud determinada puede también utilizarse en cualquier otra latitud diferente. Basta que en ambos casos las referencias (6) estén igualmente inclinadas respecto al eje de la tierra.



Concretamente, en la nueva posición la referencia (6) deberá situarse en el plano meridiano y separada de la vertical el mismo ángulo que la diferencia de latitudes.

En la figura 4ª se aclara la inclinación que será preciso dar al reloj para su utilización en diferente latitud que aquella para la cual fue estudiado.

Si fuera mayor la latitud para la que se estudió el reloj, la inclinación de la referencia (6) debe hacer quedar más cerca del observador su parte inferior, y la superior si fuera menor.

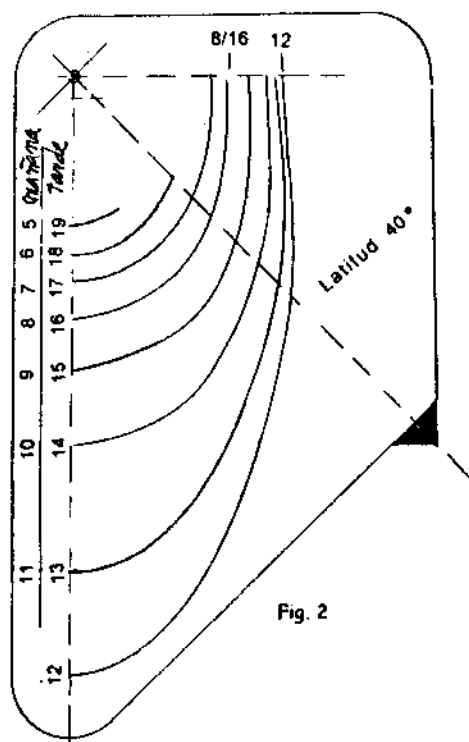
Como es natural, también puede adecuarse el reloj para otra latitud cambiando la placa donde están dibujadas las líneas de las horas por otra, trazada para una latitud diferente, como se hacía con las diversas láminas de los antiguos astrolabios

COMENTARIOS

En el reloj descrito la hora queda definida por la altura del sol sobre el horizonte, lo que le hace más preciso en las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde, perdiendo precisión para las horas centrales del día.

No se comenta cuando se hace la observación, ya que en cada día habrá dos instantes (uno por la mañana y otro por la tarde) en que el sol tiene la misma altura.

Por análoga razón se aclara que existen dos días cada año que dan lugar a las mismas horas leídas en el reloj, estos días distan de los equinoccios el mismo lapso de tiempo.



NOTAS Y COMENTARIOS (I)

1 UN NUEVO Y EXCELENTE LIBRO DE GNOMÓNICA EN ESPAÑOL

RELOJES DE SOL. HISTORIA, FUNCIONAMIENTO, CONSTRUCCIÓN.

Por Gian Carlo PAVANELLO y Aldo TRINCHERO.
Editorial de Vecchi, Barcelona, 1998.

Hace unos años, en el capítulo de bibliografía del tratadito *Cadran Solaires de Précision* de Oppizo vi la referencia del libro italiano *L'Ombra e il Tempo. Orologi solari: Arte, Storia, Scienza*, de Trinchero, Pavanrello y Moglia. El único comentario de Oppizo sobre el libro era una palabra en italiano: "Meraviglioso", de modo que no pude resistir la tentación de adquirirlo a pesar de su precio elevado. El libro no defraudó mis expectativas.



Ahora nos encontramos con una versión castellana de dos de los tres autores anteriores, que viene a ser parecida, pero mucho más breve: 190 páginas en lugar de las 446 de gran formato del otro texto italiano

El mejor elogio que podemos hacer es que no desmerece de su antecedente y que mantiene el encanto indefinible de muchos textos gnomónicos italianos.

El libro es introductorio, de carácter elemental pero riguroso, acorde con la colección popular en la que se edita. La obra está profusamente ilustrada

con claros dibujos de Trinchero y numerosas fotografías en blanco y negro y color de relojes muy bien elegidos, casi todos italianos, pero con una buena representación de ejemplares modernos españoles.

El título de algunos capítulos dará una buena idea del contenido del libro: *Culto y ciencia del sol; El paso del tiempo; Nociones de cosmografía; El tiempo, ¿qué es?, ¿cómo se mide?; Gnomónica; Construcción de un reloj solar; Asociaciones, colecciones, librerías especializadas, gnomonistas.*

Estoy seguro de que el libro que comentamos animará a muchos de sus lectores a diseñar su propio reloj solar y, para algunos, será el primer paso para la afición a la Gnomónica. A ello contribuirá la excelente traducción de Nieves Nuevo Cobas, que incluye información y direcciones útiles para los lectores españoles.

J. BEROSO

2 GNOMÓNICA Y LITERATURA

Con este mismo título publicaba P. Dantillo, una Sección que reseñaba algunos textos literarios en los que aparecían referencias a relojes solares.

P.Dantillo hace tiempo que no nos ha enviado ninguna nueva colaboración o comentario, pero afortunadamente algunos de nuestros lectores siguen aportando datos, frases y textos recogidos en sus lecturas, en los que se menciona o hace referencia a nuestros queridos relojes solares. Publicamos a continuación dos de estas referencias, remitidas desde Frómista por S. Peral Villafuella. Figuran en los famosos "Cuentos de Canterbury" de Geoffrey Chaucer.

En el "Cuento del Marino" se menciona un cuadrante que señala la hora prima. Tal como se expresa el texto parece que era muy frecuente su uso, al menos entre los marinos.

En el prólogo del "Cuento del Jurisconsulto" un hostelero se expresa como sigue::

"...advirtió el hostelero que el brillante Sol había rebasado en una media hora la cuarta parte de su diario cursi. No era hombre muy versado en ciencias, pero sabía que estábamos a día 28 del mes de abril, y reparó en que la longitud de las sombras era igual a la de los objetos que la producían. Ateniéndose pues a ello infirió que el claro y refulgente Febo se hallaba a unos cuarenta y cinco grados de elevación, lo que unido a la fecha y a la latitud indicaba que debían ser las 10.. Y así, haciendo girar su caballo nos dijo ..." S.P.V.

NOTAS Y COMENTARIOS (II)

3. ¿QUIÉN DA CUERDA A LOS RELOJES DE SOL ?.

Los jóvenes de la generación de cambio del milenio no saben nada de la operación de dar cuerda a los relojes. La difusión de los relojes movidos por pilas o por la corriente eléctrica doméstica ha transformado a los relojes mecánicos de cuerda, sean de pulsera, de pared de torre o de laboratorio en objetos de colección o en recuerdos sentimentales.

Sin embargo las personas de mediana edad pueden recordarla diaria operación de dar cuerda al reloj de muñeca o de bolsillo antes de depositarlo en la mesilla de noche. Igualmente podrán recordar la operación semanal, generalmente efectuada por el cabeza de familia, de dar cuerda al reloj de pared que en el salón o en el comedor ordenaba la vida familiar. Era un rito efectuado con solemnidad y habilidad, pues había que llevar el muelle, sin forzarlo, hasta su máxima tensión. Más sencilla era la operación de subir las pesas, que también se solía efectuar con regularidad y en presencia de la gente menuda. Recordamos la operación de dar cuerda a los cronómetros de los buques, en presencia del oficial de guardia y contando el número de vuelta de la llave para garantizar una tensión del muelle lo más uniforme posible.

Trasladémonos a un cortijo del campo español (sea andaluz, charro, extremeño o manchego). Allí la vida se regía por la marcha del Sol durante el día y de las estrellas por la noche, pero la campana del reloj del comedor de la casa principal ordenaba muchas de las operaciones y actividades, sobre todo las culinarias en las distintas cocinas de las familias que allí convivían.

Claro que para ello era preciso que el reloj funcionase, marcha que solo era posible en las temporadas que el dueño del cortijo estaba presente, pues la delicada operación de dar cuerda al reloj se efectuaba cuando la casa principal estaba abierta.

Comentando este tema, un día se cruzó la siguiente conversación entre el dueño y el aperador:

"no te preocupes más, colocaremos un reloj de sol para que podáis ver la hora. No sonara la campana pero podréis ver en él la hora"

"¿Y quien le va a dar cuerda?"

"El reloj de sol marcha él solo, no necesita que nadie le de cuerda."

Tanto el aperador como el dueño del cortijo se quedaron un momento suspensos. Por su imaginación pasó la duda de que alguien diese la hora sin que nadie le empujase a hacerlo, y sin necesidad de recibir nada a cambio.

Pero, de verdad ¿Quien da cuerda al reloj de sol?

Esperamos la opinión de nuestros lectores. MMV

4. SOBRE EL RELOJ DE ENSERUNE

En el anterior número 22 de "Analema" se publicó un artículo sobre el reloj que estaba expuesto en la vitrina 13 de la sala Gigel del Museo de Montpellier, calificado como reloj romano por haber sido encontrado en las excavaciones arqueológicas de Enserune. En dicho artículo se exponían serias dudas sobre la autenticidad de los numerales romanos que figuraban en su faz.

Efectivamente, en una consulta posterior se ha identificado en la base de datos de relojes de sol de la SAF., en la que figura con esta anotación:

34 Nissan-Lezl Enserune, Musee d'Enserune, Salle Gigel, vitrine n° 13 n° 4529 3°7'E 43° 17' N. Meridional. Très suspect

Mlle Nicole Marquet, miembro de nuestra Asociación y corresponsal de la misma en París, nos confirma esta *soupçon*, ya que nos indica lo siguiente:

...siento que no me haya hablado antes del reloj de Enserune. Es una broma de los estudiantes que hicieron las excavaciones. Mi padre ya lo había presentado en una reunión, hace diez años, y el señor Jean Fort lo ha confirmado. En la ficha de M.Sagot hay escrito "sospechoso, dudoso".

Estas "bromas" no son muy frecuentes, aunque sí se conocen bastantes casos de dataciones o atribuciones falsas, por muy diversos motivos. Lo que parece extraño es que el Museo haya mantenido desde hace más de diez años (!) el rótulo que indica que se trata de un reloj "romano" después de aclararse la "romanización" artificial del mismo.

4. UN ERROR EN DOS FIGURAS DEL ARTÍCULO " EL ÁBACO DE CLAVIUS PARA EL TRAZADO DE RELOJES DECLINANTES." PUBLICADO EN EL ANTERIOR NÚMERO 22 DE "ANALEMA"

Uno de nuestros Asociados -y lector de "Analema", lo que no siempre es sinónimo- nos indica que en el número anterior del Boletín aparece un error en dos de las figuras que se insertan en su página 24. figuras 15 y 16

Hemos transmitido esta observación al autor del artículo, quien efectivamente reconoce que hay un error y pide disculpas a sus lectores por el mismo., remitiéndonos de nuevo las dos figuras, esta vez correctamente trazadas, que se incluyen separadamente para su rectificación en el presente "Analema"

Damos las gracias al perspicaz asociado que ha detectado este importante error y nos disculpamos por el mismo ante nuestros lectores

Las líneas curvas que atraviesan los paralelos son las líneas horarias.

El Polo Norte dista 90 grados a la izquierda de la equinoccial y el punto opuesto es el Polo Sur.

FUNCIONAMIENTO.-

Previamente hay que conocer la latitud del lugar y la declinación del sol.

Se fija el horizonte del instrumento de modo que el Polo norte, B, quede sobre el horizonte tantos grados como tenga la latitud del lugar.

a) Para saber la hora del reloj:

En cualquier instante del día se toma la altura del sol.

Luego se cuentan sobre el círculo meridiano tantos grados como tiene la altura del sol sobre el horizonte.

Por estos puntos se pasa un hilo que será paralelo al horizonte.

El punto de intersección del hilo con el paralelo de declinación del sol que corresponde a ese día, será el punto horario.

Si el punto horario cae encima de una línea horaria, será la hora de dicha línea horaria.

Si el punto horario cae entre dos líneas horarias, la hora se halla interpolando entre dichas líneas horarias.

Cada línea horaria tiene dos horas distintas, una para la mañana y otra para la tarde, siendo fácil distinguir entre ellas.

b) Para saber la hora del orto y ocaso.

Se observa el punto donde la regla horizonte corta al paralelo de declinación del sol correspondiente a ese día.

Si este punto cae encima de una línea horaria, el orto y el ocaso serán las horas de dicha línea horaria.

Si el punto observado cae entre dos líneas horarias, se halla interpolando entre dichas líneas

DEMOSTRACIÓN MATEMÁTICA.-

Una línea horaria es un arco de circunferencia que pasa por tres puntos, uno en la línea equinoccial y los otros dos en la de los trópicos.

Se demuestra que la altura del sol, en estos tres puntos, es la que corresponde a la fórmula matemática de la altura del sol.

a) Punto en el equinoccio. :

Sea la figura 3 la esfera celeste de radio R, en la que los puntos y líneas rotulados, desde A hasta K, son los mismos que en la figura 1.

Radio esfera = R

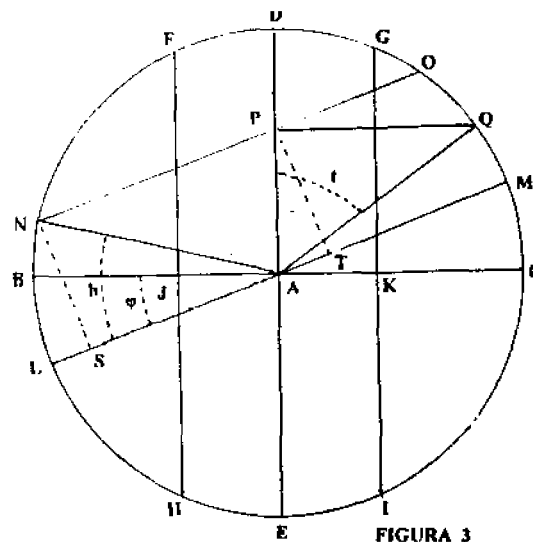


FIGURA 3

En la línea equinoccial DE, el punto horario de las 12 horas es D y el de las 6 horas es A.

Cuando se mide la hora con el instrumento, la posición de la regla LM forma un ángulo con BC igual a la latitud del lugar, φ

$$\text{Latitud} = \text{Angulo } BAL = \varphi$$

Y el hilo NO, paralelo a LM, se apoya en un punto de la circunferencia, tal como N, cuyo radio NA forma con la posición de la regla un ángulo igual a la altura del sol, h.

$$\text{Altura del sol} = \text{Angulo } NAL = h$$

Este hilo corta a la línea equinoccial DE en el punto P, que cuando el círculo equinoccial se representa por la circunferencia BDCE, corresponde al punto Q, cuyo ángulo horario es t.

$$\text{Angulo horario} = \text{Angulo } DAQ = t$$

$$\text{Triángulo APQ} : PA = R \cdot \cos t$$

Por N y P se trazan perpendiculares a LM, a la que cortan en S y T respectivamente

$$\text{Triángulo APT} : \text{Angulo } PAT = 90 - \varphi$$

$$PT = R \cdot \cos t \cdot \sin (90 - \varphi)$$

$$\text{Triángulo NSA} : NS = R \cdot \sin h$$

pero NS = PT, luego :

$$\boxed{\sin h = \cos \varphi \cdot \cos t}$$

Que es la altura del sol cuando está en el equinoccio.

b) Punto en los solsticios.

Sea la figura 4 la esfera celeste de radio R, en la que los puntos y líneas rotulados, desde A hasta O, son los mismos que en la figura 3.

Se trazan FG y BD que se cortan en P.

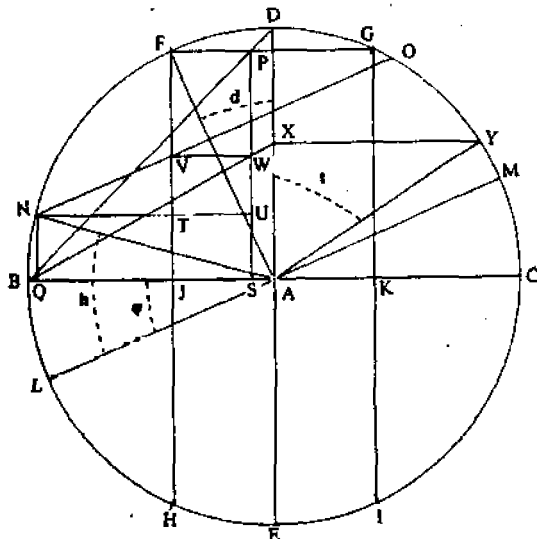


FIGURA 4

Por N y P se trazan perpendiculares a BC a la que cortan en Q y S.

Por N se traza una perpendicular a PS que corta a FJ en T y a PS en U.

Sea un punto cualquiera de la línea de los solsticios FH, tal como V, en el que corta al hilo NO. Se trazan VW, perpendicular a PS, a la que corta en W, y BW que prolongada corta a DA en X.

Según la construcción gráfica de la figura, al punto V del solsticio le corresponde el punto W en la equinoccial.

Se traza por X una perpendicular a DE que corta en Y a la circunferencia. Cuando la circunferencia BDCE representa el círculo equinoccial, el ángulo horario del punto Y será DAY.

$$\text{Angulo horario} = \text{Angulo DAY} = t$$

$$\text{Triángulo AXV} : XA = R \cdot \cos t$$

Se traza AF. El ángulo FAD es la declinación, d, del solsticio FH.

$$\text{Declinación} = \text{Angulo DAF} = d$$

$$\text{Triángulo FJA} : JA = R \cdot \sin d$$

$$PS = FJ = R \cdot \cos d$$

Triángulos BAD y BSP :

$$DA \cdot WS = PS \cdot XA$$

$$WS = R \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\text{Triángulo NQA} : \text{Angulo NAQ} = h - \varphi$$

$$US = NQ = R \cdot \sin (h - \varphi)$$

$$QA = R \cdot \cos (h - \varphi)$$

$$\text{Triángulo NTV} : \text{Angulo VNT} = \varphi$$

$$VT = WS - US = R \cdot \cos d \cdot \cos t - R \cdot \sin (h - \varphi)$$

$$NT = QJ = QA - JA = R \cdot \cos (h - \varphi) - R \cdot \sin d$$

$$VT = NT \cdot \tan \varphi$$

de donde

$$\boxed{\sin h = \sin d \cdot \sin \varphi + \cos d \cdot \cos \varphi \cdot \cos F}$$

Que es la fórmula de la altura del sol.

c). Orto y ocaso.

Sea la figura 5 la esfera celeste, de radio R, en la que los puntos y líneas rotulados desde A hasta M, son los mismos de la figura 3.

Un paralelo cualquiera, tal como NO, de declinación d, corta a la regla en P, y a BC en Q.

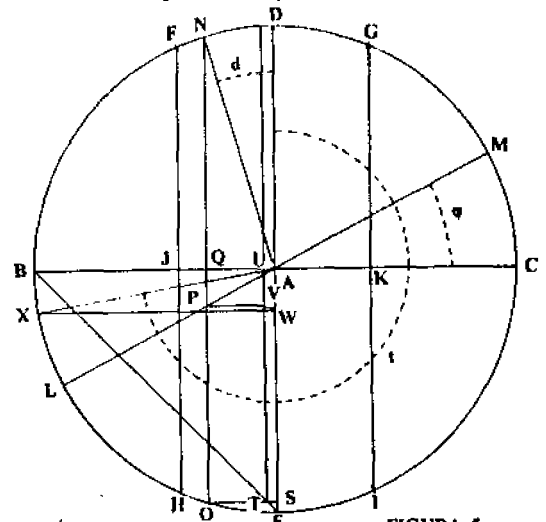


FIGURA 5

$$\text{Declinación} = \text{Angulo NAD} = d$$

Por O se traza una perpendicular a DE, a la que corta en S.

Se traza BE que corta a OS en T, y por T una perpendicular a BC, a la que corta en U.

Por P se traza una perpendicular a TU, a la que corta en V.

Se traza BV y se prolonga hasta que corta a AE en W.

Por W se traza una paralela a BC hasta que corta a la circunferencia en X.

Por construcción gráfica de la figura, al punto P del paralelo NO le corresponde el punto W en la equinoccial.

Cuando la circunferencia BDCE represente el círculo equinoccial, el ángulo horario del punto X será DAX.

$$\text{Angulo horario} = \text{Angulo DAX} = t$$

$$\text{Triángulo XAW} : \text{Angulo XAW} = t - 189$$

$$AW = R \cdot \cos (t - 180) = -R \cdot \cos$$

$$\text{Triángulo NQA} : NQ = TU = R \cdot \cos d$$

$$QA = R \cdot \sin d$$

Triángulos BAE y BUT :

$$AE \cdot UV = AW \cdot TU$$

$$PQ = UV = -R \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\text{Triángulo PQA} : PQ = QA \cdot \tan \varphi$$

$$\boxed{\cos t = -\tan d \cdot \tan \varphi}$$

Que es la fórmula del orto y ocaso del sol.

A de Vicente expone un método original para hallar, simultáneamente y mediante una sola ecuación, los ángulos de declinación (orientación) e inclinación de un muro. Está basado en la determinación de la hora en la que la sombra del estilo alcanza una determinada posición, que se calcula previamente.

A.V

Gnomónica Vectorial (Continuación)

ANTONIO DE VICENTE

Capítulo V

F) CODECLINACION E INCLINACION DE UN PLANO

Dado un Plano (A) del que se desconocen su codeclinación (γ) e inclinación (i), ambas se pueden calcular al hacer coincidir la sombra de un Estilo, es decir, del "Vector Horario", con una dirección previamente elegida, en un día y hora dados. La codeclinación y la declinación están relacionadas por $\gamma_1 = \gamma - 90^\circ$.

Se seguirán dos procedimientos; el primero tomando el ángulo de la hora μ_s con los valores 90° ó bien 0° ó 180° según se calcule uno u otro parámetro. Tiene la ventaja de su simplicidad, pero el inconveniente de disponer un solo momento al día en el caso de la codeclinación y uno ó dos en el de la inclinación, siempre que haya iluminación en el plano estudiado, es decir $W_s < 0$. ((B1.1) Capit. II); el segundo, con un proceso de cálculo mas complejo, tiene la ventaja de poder aplicarse en cualquier momento. Así pues se tiene::

A-1) Cálculo de la Codeclinación (Procedimiento 1º)

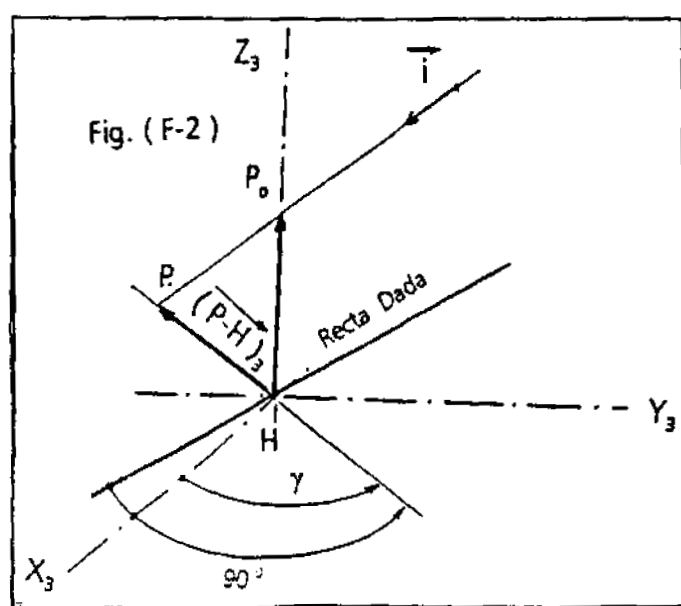
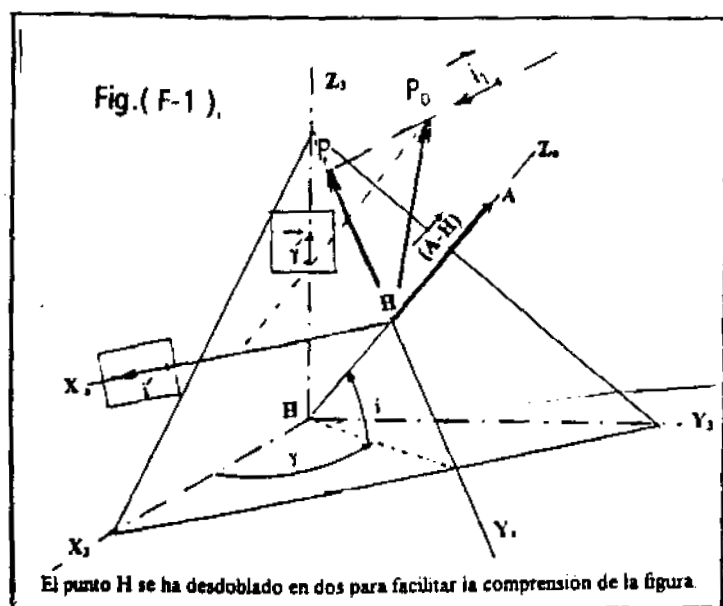
En el Triedro (A), se toma como Estilo cualquiera situado en el plano normal al base (A) y con traza el eje $Y_s H$, (que se puede definir como un cateto de cartabón, cuando el otro se halla sobre el eje $X_s H$), . Fig (F-1). Su ecuación es:

$$(F.1.1) \quad (\overline{P-H})_s = \overline{T}_s P_y + \overline{K}_s P_z$$

Se anota la hora oficial t_0 cuando el "Vector Horario" coincide con el eje $Y_s H$ ($\mu_s = 90^\circ$ ó $(P-H)_s \cdot x_i = 0$). con lo cual se calcula el Angulo Horario, teniendo en cuenta que si la hora difiere de la Universal, a la ecuación (E.14) se le añade el sumando $-15N$. ($N = 1$ en invierno y 2 en verano). resultando:

(F.2.1) $\varphi_s = 15t_0 + \varphi_{hk} + 90^\circ - Ec Tp/4 - 15N$. Con este valor, del Angulo Horario se desarrolla la ecuación (E.11) del ángulo de la hora para el valor de $\tan \mu_s = 90^\circ$

$$(F.3.1) \quad (\overline{P-H})_s \cdot \overline{xT} = A \sin \varphi_s + B \cos \varphi_s + H \tan \delta = 0$$



donde, $A = nP_z$; $B = -mP_z$; $H = hP_z$ ((E.6.5), Capt.IV) siendo los "c.t.p" $m = \sin \gamma$, $n = -\sin \alpha \cos \gamma$ y $h = -\cos \alpha \cos \gamma$, función de la latitud α y la codeclinación γ . Despejando este último parámetro, se llega a la fórmula buscada:

$$(F.4.1) \quad \operatorname{tg} \gamma = - \frac{\sin \alpha \sin \varphi_i + \cos \alpha \operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi_i} = - \frac{f_0 \sin \varphi_i - c_0 \operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi_i} \quad (f_0 \text{ y } c_0 \text{ son } f \text{ y } c \text{ con } i = 90)$$

Consecuencia inmediata: La codeclinación de un plano es independiente de su inclinación. Por tanto la codeclinación de una recta se halla como si fuera la traza de un plano horizontal, es decir, tomando el tiempo oficial t_0 en el momento en que el "V.H" es normal a la citada recta. y con el estilo situado sobre un plano vertical y traza el eje $Y_3 H$. Fig (F-2)

A-2) Cálculo de la Inclinación (Procedimiento 1º)

Siguiendo un razonamiento similar al caso anterior, se define el Estilo en el Triedro (A), situado en el plano normal al base y con traza en el eje $X_3 H$. (Fig -3), siendo su ecuación

$$(F.1.2) \quad (P_0-H)_a = i_x P_x + j P_z$$

Se llega, evitando la repetición a:

(F.2.2) $\varphi_i = 15t_0 + \varphi_{HK} + 90^\circ - E_c T_p/4 - 15 N$ donde t_0 es la hora oficial en que el "V.H" coincide con el eje $X_3 H$ ($\mu_a = 0^\circ$) y finalmente a:

$$(F.3.2) \quad (P-H)_a \times j = M \sin \varphi_i + N \cos \varphi_i + J \operatorname{tg} \delta = 0$$

Ya que siendo $M = -bP_z = (\cos \alpha \cos i - \sin \alpha \sin i \sin \gamma) P_z$; $N = a P_z = (-\sin \alpha \cos \gamma) P_z$ y $J = j P_z = (\sin \alpha \cos i + \cos \alpha \sin i \sin \gamma) P_z$ la ecuación (F.2.2) al desarrollarla con los valores anteriores, queda de la forma siguiente, multiplicando numerador y denominador por $\cos \gamma$ y teniendo en cuenta las ya citadas relaciones entre los "c.t.p" citadas en el Cap. II:

$$(F.4.2) \quad \operatorname{tg} i = \frac{h \sin \varphi_i - n \operatorname{tg} \delta}{m \sin \varphi_i + (1-m^2) \cos \varphi_i + mh \operatorname{tg} \delta} \quad \text{donde al ser función de } \gamma \text{ es necesario conocerla (por ejemplo con la fórmula (F.5.1)).}$$

Ejemplo:

Hallar la codeclinación e inclinación de un plano situado en un punto geográfico H de latitud $40^\circ 29' N$ y longitud $-3^\circ 52'$ el día 1-II-1998 Fig.(F-4)

DATOS:

Latitud N $\alpha = 40^\circ 29' = 40,483^\circ$ ($\sin \alpha = 0,6467$; $\cos \alpha = 0,7628$)

Declinación Solar $\delta = -17,074^\circ$; $\operatorname{tg} \delta = -0,3071$

Ecuación del Tiempo E.T. = $13,35^\circ = 13,583^\circ$ E.T/4 = $3,396^\circ$.

Diferencia de longitudes $\varphi_{HK} = -3^\circ 52' = -3,87^\circ$; en minutos $\varphi_{HK} = -15^\circ 28'$

Estilo normal al Plano Base

1º) Cálculo de la codeclinación (γ)

Hora oficial del "Vector Horario" sobre el eje $Y_3 H$ $t_0 = 12^h 11^m 10^s = 12,186^h$

Angulo Horario

(F.3.1.1) $\varphi_1 = 15 \times t_0 + \varphi_{HK} + 90^\circ - E.T/4 - 15^\circ = 250,524^\circ$ ($\sin \varphi_1 = -0,9428$; $\cos \varphi_1 = -0,3334$)

$$(F.5.1) \quad \operatorname{tg} \gamma = - \frac{\sin \alpha \sin \varphi_1 + \cos \alpha \operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi_1} = \frac{-0,844}{-0,3334} = -2,53 ; \text{ es decir } \gamma = 111,55^\circ \text{ y } \gamma = 21,55^\circ$$

— 2º) Cálculo de la inclinación (i)

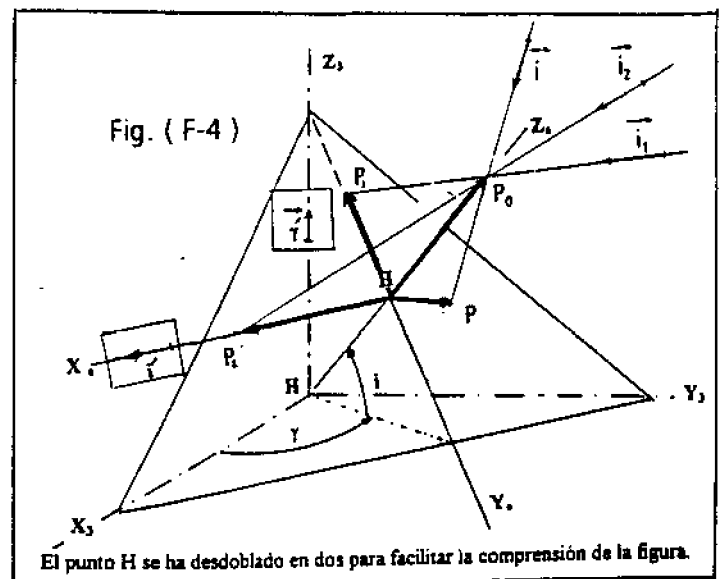
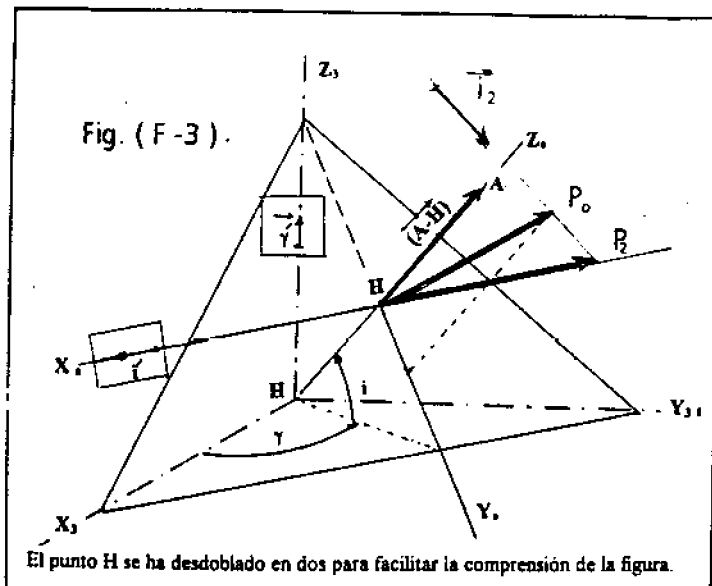
Hora oficial del "V.H" sobre el eje $X_s H$ $t_0 = 18^h 20^m 30^s = 18,341^h$

Angulo Horario

(F.3.2.1) $\varphi_2 = 15 \times t_0 + \varphi_{HK} + 90^\circ - E.T/4 - 15^\circ = 342,8495^\circ$ ($\sin \varphi_2 = -0,2949$; $\cos \varphi_2 = 0,9555$)

Valores de los (c.t.p) con $\alpha = 40^\circ 29'$; $\gamma = 111,55^\circ$: $m = \sin \gamma = 0,9301$ $n = -\sin \alpha \cos \gamma = 0,2385$ y $h = -\cos \alpha \cos \gamma = 0,2794$.

$$(F.5.2) \quad \operatorname{tg} i = \frac{h \sin \varphi_2 - n \operatorname{tg} \delta}{m n \sin \varphi_2 + (1 - m^2) \cos \varphi_2 + m h \operatorname{tg} \delta} = \frac{0,0092}{0,0163} = 0,5644 \quad \text{o sea} \quad \boxed{i = 29,44^\circ}$$



— NOTA. Esta primera parte de la "Codeclinación e Inclinación de un plano", sustituye y anula el ejemplo del artículo publicado en ANALEMA N° 3 de fecha Septiembre - Diciembre de 1991.

ERRATAS en el ANALEMA N° 22

Parrafo	5	Pag.	17	dice	$W_s = -$	debe decir	$W_s = - < 0$
" "	15	"	17	"	$W_s > 0$	" "	$W_s < 0$
" "	7	"	18	"	t_k	" "	t_k
" "	12	"	18	"	t_k	" "	t_k
" "	13	"	18		tiempo medio		tiempo solar verdadero

