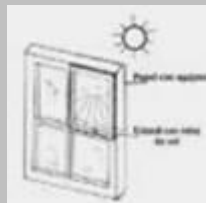


**No puedes detener los días, pero
puedes no perderlos**

Equinoccio de otoño
Día 23 de Sept. a las 10:47
El sol entra Libra

Día 26 de Octubre
Cambio de hora a horario de
invierno.

SUMARIO DE LA EDICIÓN DE SEPTIEMBRE 2003



Hallar la declinación de una pared. De Joan Serra
Descripción de un método propio.

Reloj vertical declinante. De Joan Serra
Trazado gráfico de un reloj vertical declinante.

Reloj Bifilar de Camp de mar. De Rafael Soler
Descripción de su última creación en un enclave precioso.

2 problemas de Ozanam. De Carlos M^a. Sánchez
Traducción de dos de los problemas del libro de Ozanam.

El Reloj de Rodrigo Zamorano. De Antonio Cañones
Transcripción de este reloj ideado en 1581.

Unos relojes Bifilares curiosos (I). De Rafael Carrique
Descripción de unos bifilares distintos.

Reloj Anular casero. De Antonio Barceló
Descripción de un reloj anular fabricado con material reciclado.

El Reloj de Estivella. De Joan Olivares
Descripción del reloj de la Diputación de Estivella con horas
Babilónicas, Itálicas, etc.

Numeración y curiosidades. De Joan Serra
Las distintas numeraciones inscritas en los cuadrantes solares.

Historia de la Gnomónica (I).
1ª parte de la Historia de la Gnomónica escrita por Nicola Severino y traducida al
español por Martha A. Villegas.

Foto comentada. De Martha A. Villegas
Descripción de un conjunto de relojes en la ciudad de México

Poema gnomónico. De Antonio Barceló



HALLAR LA DECLINACIÓN DE UNA PARED

Por Joan Serra Busquets

Se han descrito muchos métodos para la determinación de la declinación de una pared entre los cuales, el más conocido y también el más utilizado por los gnomonistas, es el de la sombra de una plomada a mediodía local.

Vamos a describir brevemente el procedimiento de este método para aquellos que no lo conozcan y pasaremos después a describir un método propio cuya ventaja principal es que puede realizarse a cualquier hora sin tener que esperar al mediodía local.

Método de la plomada:

El dato que se necesita es el de la hora del paso del sol por el meridiano local. Este dato se consigue al aplicar a las 12 del mediodía la ecuación del tiempo y la corrección por Longitud. También puede conseguirse desde los almanaques náuticos o desde varios calculadores que existen en internet, todos ellos accesibles desde la página web de Carpe Diem.

El inconveniente principal de este método es el tener que esperar a mediodía local, lo que en verano puede suponer las 14 horas y pico, para que en el momento más esperado, la inexorable ley de Murphy actúe dando paso a la consabida nube que arruina toda la operación.

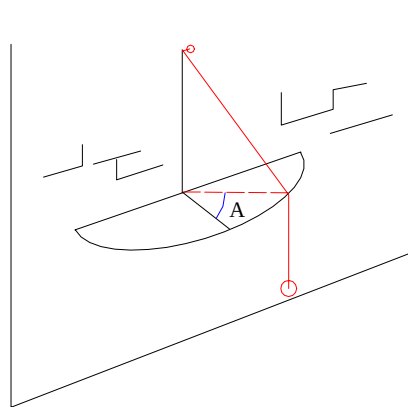
Procedimiento:

En el lugar donde va ir el reloj se traza una línea vertical a plomo. Se sujeta un hilo en la pared (ver la figura) en el extremo de la vertical y se coloca, perfectamente horizontal, una plancha de madera en la que se ha trazado una perpendicular a la pared que coincida con la vertical de la pared.

Si se quiere, se puede pegar sobre la plancha de madera una fotocopia ampliada a discreción de un semi-transportador de ángulos en el que el punto central coincida con el punto de la tabla que va a dar a la línea vertical de la pared.

Se espera a que sea la hora exacta que se habrá averiguado previamente. Cuando sea la hora señalada se va recorriendo con el hilo en tensión el borde de la madera hasta que la sombra caiga perfectamente sobre la vertical de la pared. La sombra que caiga sobre la madera formará un

ángulo, a la derecha o a la izquierda, con la línea perpendicular trazada en la madera. Este ángulo es el ángulo de desvío de la pared respecto al Sur geográfico.



Si el hilo cae a la derecha de la línea trazada en la tabla la declinación de la pared es al Oeste y si el hilo cae a la izquierda la declinación es al Este.

Método propio:

Hoy día, es fácil elaborar un pequeño programa para que nos dé los datos del sol para un día determinado a una hora concreta. El que yo he confeccionado calcula los datos del sol para cada cuarto de hora aunque también podría ser cada cinco minutos o incluso para cada minuto, pero resultaría un listado demasiado largo y engorroso.

El programa muestra para cada cuarto de hora, la hora oficial, la hora GMT, la hora solar, la declinación, el azimut y la altura del sol para cualquier Latitud y Longitud. Para el método que utilizo, uso solamente el azimut aunque todos los demás datos son auxiliares.

Para poder calcular la declinación usando estos datos he construido un pequeño instrumento que paso a describir seguidamente:

Se trata de una tabla de madera sobre la cual he pegado un papel con una circunferencia dibujada y dividida por dos partes de 180° cada

una. A esta escala la llamo escala fija. Esta tabla, para mayor facilidad de manejo y transporte, es del tamaño del interior de un cajetín de madera, de unos 20 x 30 cm. aproximadamente. Su centro está atravesado por la boquilla de un compás de dibujo para que pueda albergar y sujetar con firmeza una varilla de 1.5 mm. de diámetro. Todo el conjunto está pegado al fondo del cajetín de modo que el 180° ocupe la parte trasera, es decir, la parte que irá pegada a la pared.

Los grados marcados serán los grados de declinación de la pared.

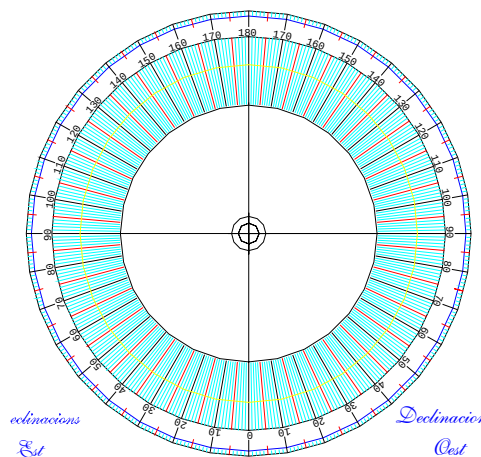


Figura 1

Sobre un cartón he pegado el siguiente dibujo graduado con dos escalas de 360°. (Figura 2). La escala interior esta numerada a derechas, o en el sentido de las agujas del reloj. La escala exterior esta graduada en el sentido contrario de modo que las dos escalas muestran los grados complementarios. (Figura 3). A esta pieza la llamo escala móvil.

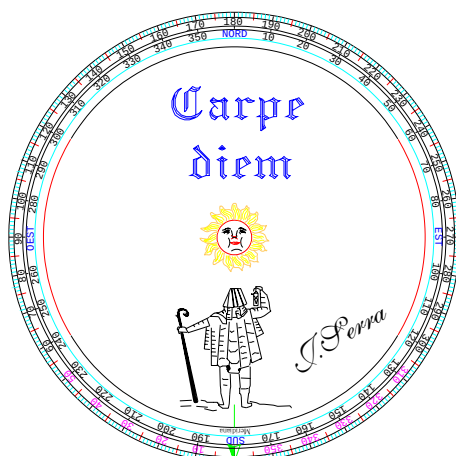


Figura 2

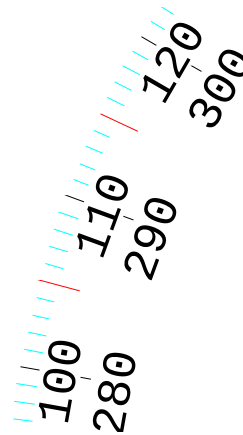


Figura 3

Este cartón está perforado por su centro para poder girar libremente alrededor de la boquilla incrustada en la tabla de madera y tiene el diámetro adecuado para acoplarse sobre el primer dibujo de modo que la escala móvil y la escala fija coincidan. (Figura 4)

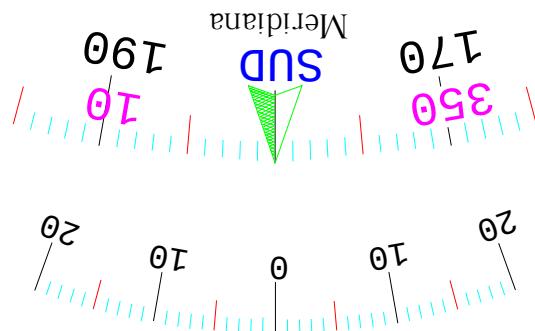


Figura 4

Cálculo de la declinación:

Se inserta una varilla de 1.5 mm. en la boquilla y se sujeta firmemente de modo que quede perfectamente vertical. La longitud de la varilla tiene que ser tal que en verano pueda alcanzar la escala fija.

Cuando sea la hora o el cuarto de hora adecuado se adosa el cajetín a la pared manteniéndolo perfectamente horizontal sobre un trípode o cualquier elemento que permita esta operación. La línea 180°- 0° de la escala fija tiene que quedar perpendicular a la pared con la parte del 180° arrimada a ella.

Inmediatamente la varilla proyectará su sombra y si los datos que hemos sacado previamente nos dicen que para aquella hora

concreta la dirección del sol es de 160°, pongo por ejemplo, no tengo más que girar el disco móvil hasta que la sombra caiga sobre el 160° de la escala exterior. La flecha índice de la escala móvil dará directamente la declinación sobre la escala fija y, por tanto, la meridiana. Para mayor seguridad puede repetirse la operación al cuarto de hora siguiente o a cualquier otra hora. A mi juicio, este método, es rápido, cómodo, fácil de manejar y transportar y de alta

fiabilidad. El pequeño trabajo que conlleva su construcción se ve compensado por el hecho de ser definitivo y útil para cualquier latitud.

A continuación adjunto un ejemplo de los datos que me proporciona el programa para calcular los datos solares de un día determinado. En este ejemplo los cálculos están basados sobre la hora solar aunque también tiene la opción de hacer los cálculos sobre la hora oficial

CALCULO DE DATOS SOLARES POR HORAS

Mallorca

FECHA: 1- 9-2003 LATITUD:39°37' 0" LONGITUD: 2°55' 0" TG:-11.7 TSL(12 TU):10:52:37

DEC.SOLAR: 8°19.9' AR: 10h41m 0s ET: 0m 2s PMG: 12h 0m 2s PML: 11h48m22s

SALIDA: 5h 16m AZIMUT: 78° 19' PUESTA: 18h 20m AZIMUT: 281° 54' DURACION:13h 7m

H.SOLAR	H. GMT	H.OFICIAL	DECLINA.	AZIMUT	ALTURA
5h 32m	5h 20m 50s	7h 20m 50s	8° 25.4'	79° 2'	SALIDA REAL
6h 0m	5h 48m 22s	7h 48m 22s	8° 25.5'	83° 29'	+ 5° 21'
6h 15m	6h 3m 22s	8h 3m 22s	8° 25.3'	85° 50'	+ 8° 13'
6h 30m	6h 18m 22s	8h 18m 22s	8° 25.1'	88° 13'	+11° 6'
6h 45m	6h 33m 22s	8h 33m 22s	8° 24.9'	90° 36'	+13° 59'
7h 0m	6h 48m 22s	8h 48m 22s	8° 24.7'	93° 1'	+16° 53'
7h 15m	7h 3m 22s	9h 3m 22s	8° 24.4'	95° 29'	+19° 45'
7h 30m	7h 18m 22s	9h 18m 22s	8° 24.2'	98° 1'	+22° 37'
7h 45m	7h 33m 22s	9h 33m 22s	8° 24.0'	100° 37'	+25° 28'
8h 0m	7h 48m 22s	9h 48m 22s	8° 23.8'	103° 19'	+28° 18'
8h 15m	8h 3m 22s	10h 3m 22s	8° 23.5'	106° 8'	+31° 5'
8h 30m	8h 18m 22s	10h 18m 22s	8° 23.3'	109° 5'	+33° 50'
8h 45m	8h 33m 22s	10h 33m 22s	8° 23.1'	112° 12'	+36° 32'

TRAZADO GRÁFICO DEL CUADRANTE VERTICAL DECLINANTE

Por Joan Serra Busquets

El cuadrante vertical declinante es el tipo de reloj más habitual en los muros de las fachadas dado que es difícil encontrar paredes que estén orientadas perfectamente al Sur.

Antes de trazar el reloj tenemos que conocer cual es exactamente la declinación de la pared en la cual vamos a situar el reloj. Los métodos para hallar la declinación se explican en el artículo precedente.

Una vez hallada la declinación, y por ende, la meridiana, podríamos resumir que el trazado de un reloj declinante es el resultado de la intersección de las líneas de un reloj horizontal, debidamente orientado sobre la meridiana, con el plano vertical de la pared, teniendo la pared y el horizontal un mismo gnomon común.

Figura 1

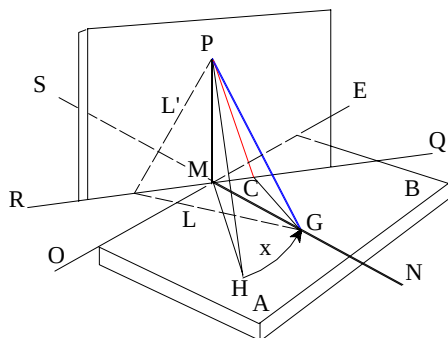


Figura 1

RQ es la línea de la base de la pared, **EO** es la línea **Este-Oeste**, **SN** es la línea Norte- Sur o meridiana del lugar y **x** es la declinación de la pared. Por tanto, se ve que la meridiana, que es perpendicular a la línea Este- Oeste, no lo es a la pared.

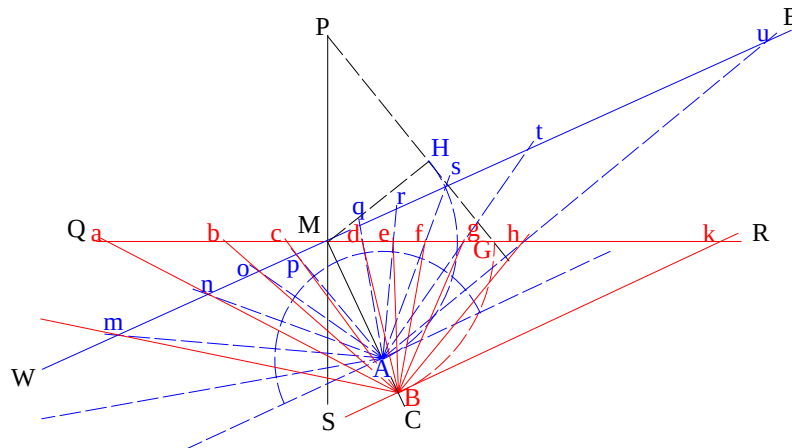
AB representa el plano horizontal auxiliar, **PG** es el gnomon común a los dos cuadrantes situado sobre la meridiana, y **LL'** una línea horaria cualquiera.

TRAZADO: (Figura 2)

Vamos a suponer el trazado de un reloj para una pared que declina al Oeste siguiendo el método descrito por M. Palau en su libro "Relotges de Sol, Història i art de construir-los", Editorial Millà, 1977, por parecernos el más descriptivo y de más fácil ejecución.

Se dibuja la línea **PS**. Desde **P** se traza la línea **PG** con un ángulo igual al de la colatitud ($90^\circ - \text{Latitud}$). Esta línea representa el gnomon abatido sobre el cuadrante. Perpendicular a **PG** se traza la línea **HM** desde el punto **H** elegido a discreción.. Por **M** se traza la recta **QR** perpendicular a **PS**.

Desde **M** trazar la recta **MC** que forma un ángulo con **MS** igual al de la declinación de la pared. Si la declinación de la pared es al Este el ángulo se inscribe a la izquierda de **MS** y si la declinación es al Oeste, como el caso que tratamos, se inscribe a la derecha.



Pasando por **M** y, perpendicular a **MC** se traza la recta **EO** que representa la línea Este-Oeste.

Tómese la distancia **MH** y pásese desde **M** sobre **MC** obteniéndose el punto **A** polo del cuadrante ecuatorial que servirá de base.

De igual modo se toma la distancia **MG** que, trasladándola sobre **MC** se obtiene el punto **B** polo del cuadrante horizontal auxiliar.

Con centro en **A** se traza un semicírculo que se divide, partiendo de **MA**, en segmentos de 15° a cada lado. Desde **A** se trazan rectas que, pasando por las divisiones hechas

anteriormente, alcancen la línea **EO**, donde se marcan los puntos de intersección *m*, *n*, *o*, etc.

Desde **B** se trazan rectas hasta encontrar estos puntos de intersección marcados anteriormente. Las rectas trazadas desde **B** que no corten la línea **QR** deberán ser prolongadas hasta conseguirlo como se ve en la parte izquierda del dibujo.

Las líneas horarias se trazan desde **P** hasta los puntos de intersección *a*, *b*, *c* etc., formados por las rectas trazadas desde **B** sobre la línea **QR**, no sobre la línea **EO**. (Figura 3)

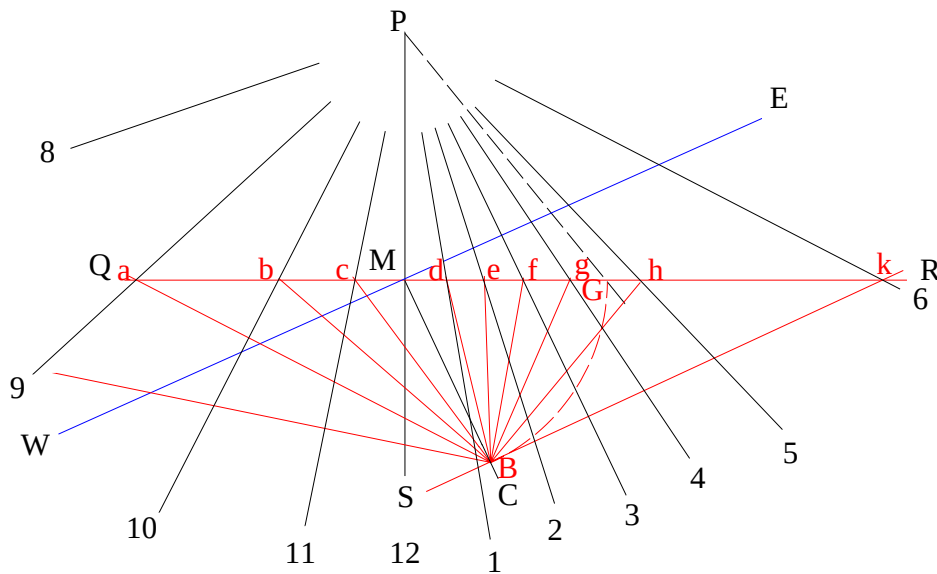


Figura 3

Si el cuadrante fuera orientado, la línea **6-6** sería paralela a la línea **QR** y, por tanto, nunca podrían cruzarse. Sin embargo, al ser un cuadrante declinante, la línea **6-6** no es paralela a la línea **QR** de modo que una de las **6** interceptará dicha línea.

La prolongación de la línea de las **6** del cuadrante horizontal auxiliar que alcanzará a **QR** será la del lado opuesto a la declinación de la pared. Si la declinación es al **Oeste**, como el caso que estamos tratando la línea de las **6** se encontrará en el lado del **Este**, y viceversa. En el dibujo es el punto **K**.

A pesar de este recurso que resuelve el trazado de una de las dos líneas de la **6**, hay algunas líneas que no se pueden resolver a base del punto de intersección, como por ejemplo, las **7** de la mañana del dibujo. La solución se encuentra en el hecho de que las distancias **6-4** y **6-5** de la tarde son iguales a las **6-8** y **6-7** de la mañana, y viceversa.

A un lado y otro de **PS** se trazan dos verticales auxiliares, a la misma distancia, **VX** y **ZY**. Figura 4

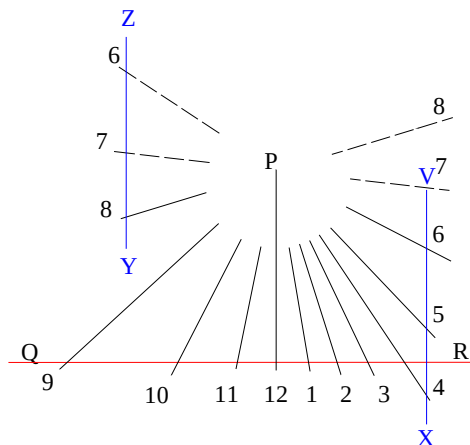


Figura 4

Empezando por el lado en el cual se encuentre la línea de las **6** se toma la distancia, en este caso, del segmento **6-4** tomado sobre la línea auxiliar **VX** y se traslada sobre la línea **ZY** por encima del punto de las **8** obteniéndose el punto por donde pasará la línea de las **6** de la mañana trazada desde **P**. Se hace lo mismo con la

distancia **6-5** sobre la **VX** y se traslada a la **ZY** desde el punto de las **6** de la mañana obtenido anteriormente con lo que hallamos el punto por el que pasara la línea de las **7** de la mañana trazada desde **P**.

Prolongando más allá de **P** las líneas de las **8** y **7** de la mañana se obtienen las de las **8** y **7** de la tarde.

Hemos explicado el procedimiento para el caso de una declinación al Oeste, en el caso de una declinación al Este todo el procedimiento se empezaría en el lado contrario al que hemos descrito.

Hay que tener en cuenta que algunas de las líneas que hemos trazado últimamente no serán de utilidad porque nunca les dará el sol ya que, si el cuadrante declina a Levante dejara de indicar algunas horas de la tarde y si declina a Poniente dejará de indicar algunas de la mañana. La cantidad de horas que dejará de señalar dependerá de los grados de declinación.

LA SUBESTILAR

Llamamos subestilar a la línea imaginaria que trazaría sobre el cuadrante el plano vertical del gnomon. En los cuadrantes orientados la subestilar coincide con la línea de las **12** pero no si en los declinantes.

Es necesario conocer el ángulo que formará el gnomon con el cuadrante ya que, si bien se parte del ángulo de la colatitud, este ángulo cambia a medida que el plano vertical del gnomon se separa de la línea de las **12**. (Ver Figura 1). Si el cuadrante no fuera declinante el plano vertical del estilo sería **HPM**, pero con la declinación de la pared el extremo del gnomon se desplaza a la posición **G** para continuar sobre la meridiana y sin variar el ángulo de la colatitud respecto a **PM**. Con este movimiento, el plano vertical del estilo pasa a ser el triángulo **CPG** y, la subestilar, que antes era la línea **PM** pasa a ser la línea **PC**. Una vez conocida la subestilar vamos a ver como hallar la posición correcta del gnomon y su ángulo con la subestilar.

En la Figura 5 reproducimos de la Figura 3 las líneas **PS**, **RQ**, **MB**. El ángulo **d** es el de la

declinación. Si trazamos desde **B** una paralela a **BS** hasta cortar la línea **RQ**, obtendremos el punto **X**. Si unimos **X** y **P** con una recta obtendremos la subestilar y el ángulo **P** será el ángulo que dicha recta formará con la línea de las **12** y que se trazará provisionalmente sobre el cuadrante.

Si abatimos la subestilar **XP** sobre la línea **RQ** obtendremos el punto **Z** que, si lo unimos con el **B** nos dará el ángulo **a** que será el que tendrá que formar el gnomon con la subestilar. Recordamos que la subestilar tiene que trazarse de forma que una vez colocado el gnomon pueda borrarse del cuadrante.

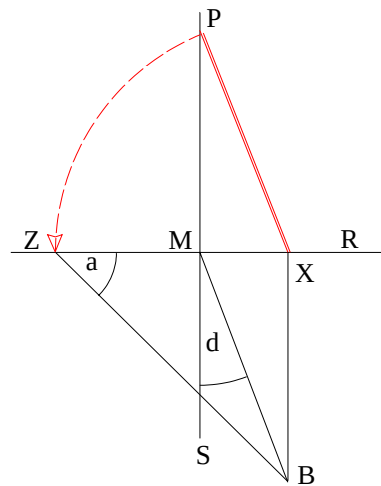
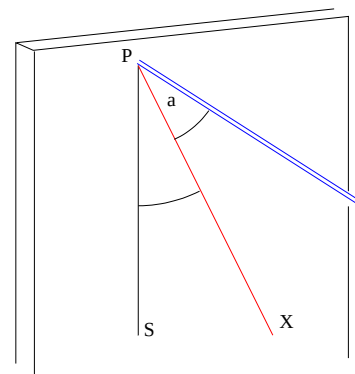


Figura 5



© Joan Serra Busquets 2003

RELOJ BIFILAR DE CAMP DE MAR

Por Rafael Soler Gayà

Dentro del conjunto de acciones llevadas a cabo en el litoral de Camp de Mar (Andratx - Mallorca) por el Ministerio de Medio Ambiente se encuentra un cuadrante solar bifilar de catenaria y gnomon polar diseñado por el autor en el año 2001 y construido entre 2002 y 2003. La catenaria es una línea que se forma de un modo natural y que se presta a soluciones constructivas altamente resistentes a las acciones vandálicas por lo que su adopción, con independencia de su novedad, es muy adecuada en lugares públicos de escasa vigilancia, circunstancia que se da en el presente caso.

Descripción.-

Según el proyecto (al que corresponde el plano adjunto)¹ adoptaba forma elíptica con plataforma de 11 m de eje menor en dirección N - S y de 13 m de eje mayor en dirección E - W, siendo accesible por medio de tres escalones desde el pavimento natural. Esta plataforma, perfectamente horizontal, contiene las líneas horarias y las del calendario zodiacal, con sus correspondientes signos y leyendas, según muestra el plano. En la ejecución, sin embargo, se modificó ligeramente este plano siendo la principal modificación, entre otras, la conversión de la elipse en un círculo de 10,40 m de diámetro.

En el plano vertical del eje menor de la elipse, en la meridiana, se disponía el gnomon polar inclinado con ángulo igual a la latitud del lugar (39° 32,3' N) y en el también vertical perpendicular una cadena suspendida a 3,468 m de altura en dos columnas de hormigón armado separadas 2,467 m de la meridiana.

En el lado Sur, y centrado con la meridiana ocupando un plano inclinado sobre las aristas de los escalones, se ha dispuesto una leyenda de las instrucciones de lectura del reloj en catalán, castellano e inglés según sigue.

COM LLEGIR

Mirau el punt a on l'ombra de la cadena es talla amb la del caire de la planxa. Aquest punt dóna: a) en el feix de línies horàries l'hora vertadera local, i b) en el feix del calendari la data del dia de lectura estimat- tot seguint la direcció de la línia horària- entre les mes properes

corresponents a les línies de canvi de més zodiacal; a damunt aquestes es troben les correccions a introduir, sumant o restant, per a convertir l'hora llegida en hora

mitjana de Greenwich (la dels nostres rellotges de polsera sumant una o dues hores segons la estació).

COMO LEER

Obsérvese el punto donde se cortan las sombras de la cadena y del borde de la plancha. Este punto da: a) en el haz de líneas horarias la hora verdadera local, y b) en el haz del calendario la fecha del día de lectura estimado- siguiendo la dirección de la línea horaria- entre las más próximas correspondientes a las líneas de cambio de mes zodiacal; sobre estas se encuentran las correcciones a introducir, sumando o restando, para convertir la hora leída en hora media de Greenwich (la de nuestros relojes de pulsera sumando una o dos horas según la estación).

HOW TO READ

Look at the point where the chain shadow incides on this of the metal plate edge. This point gives: a) on the horary lines beam the hour in local true time, and b) on the calendar lines beam the date of the reading day estimated- following the horary line direction- between the nearest calendar lines corresponding to zodiacal months. On these are indicated the corrections to introduce, adding or resting, in every date, in order to convert the read time into Greenwich mean time (this of our wrist watches adding one or two hours according the season).

Los materiales empleados son los siguientes. Los hormigones de tipo H-300; los aceros para armar de tipo AEH-500; los aceros inoxidable de chapas y cadena de tipo AICI - 316. En los hormigones y mortero especial hay dos tipos de coloraciones por mezcla del blanco: una mas clara que se dispone entre las tiras de los meses zodiacales y la segunda, del color natural del hormigón, en soportes y resto de plataforma no ocupada por el campo de líneas (exterior de las líneas de solsticios hasta el borde).

En la ejecución de columnas, muro y solera de soportes se han cumplido escrupulosamente las prescripciones dictadas para el hormigón estructural. Las superficies vistas se han pulido en el campo del reloj y se han abujardado en el resto, incluso columnas, cuidando la uniformidad y respetando los bordes romos de los elementos.

Para la colocación de las líneas del reloj y de sus signos, números y letras, se ha dispuesto la base de la solera perfectamente horizontal sobre la que se ha replanteado la parte gráfica de los planos tomando para

las líneas curvas las coordenadas que para los meses zodiacales y para las horarias cada cuarto de hora resultan de ordenador; una vez señalado se han adherido mediante patillas las pletinas, signos, números y letras con la cara vista exactamente al mismo nivel, y seguidamente se ha completado la solera con el hormigón del color que corresponda. Por último la superficie se ha abujardado o pulido según lo dicho. Las líneas horarias se han marcado con pletina embutida en el hormigón del suelo, de 8 mm de espesor las horas y de 6 mm de espesor los cuartos y las medias; las de los meses zodiacales son de 8 mm de espesor.

Cálculo.-

Para el cálculo de líneas horarias y de declinación del calendario se ha seguido el método general de diseño de cuadrantes bifilares expuesto por el autor en su obra "Diseño y construcción de relojes de sol y de luna" (2ª edición de 1997) (*) utilizando la simbología (pág 16) y exposiciones (págs 83 y 307) de este método que debe consultarse para poder seguir los cálculos recogidos a continuación.

La ecuación del "hilo 1", si k es el coeficiente angular del gnomon polar (igual a $\tan \varphi$) adopta la forma:

$$z = 2 - ky$$

y en coordenadas paramétricas:

$$x = 0; \quad y = l; \quad z = 2 - kl; \quad (1)$$

La ecuación del "hilo 2", si c es la altura de la catenaria (distancia del vértice a la directriz) adopta en este caso la forma:

$$z = c \cosh(x/c) - 0,5$$

y si $c = 1,5 m$, en coordenadas paramétricas:

$$x = m; \quad y = 0; \quad z = 1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5 \quad (2)$$

La proyección del "hilo 1" según (1) y la fórmula de la pág 84, será:

$$x = -(x_0/z_0)(2 - kl) \quad y = l - (y_0/z_0)(2 - kl) \quad (3)$$

La proyección del "hilo 2" según (2) y la fórmula de la pág 84, será:

$$x = m - (x_0/z_0)[1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5]$$

$$y = -(y_0/z_0)[1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5] \quad (4)$$

En los puntos de intersección de ambas proyecciones (3) y (4) se tendrá:

$$-(x_0/z_0)(2 - kl) = m - (x_0/z_0)[1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5]$$

$$l - (y_0/z_0)(2 - kl) = -(y_0/z_0)[1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5] \quad (5)$$

$$[(x_0/z_0)(2 - kl) + m] / [(y_0/z_0)(2 - kl) - l] = x_0/y_0$$

$$(x_0/z_0)(2 - kl) + m = (x_0/z_0)(2 - kl) - (x_0/y_0) l;$$

$$l = -(y_0/x_0) m$$

y sustituyendo en (5) el valor hallado de l se tiene:

$$-2(x_0/z_0) - k(y_0/x_0) m - m = -(x_0/z_0) [1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5]$$

ecuación en m que puede ponerse en la forma más práctica:

$$[1 + k(y_0/x_0)] m + 2(x_0/z_0) = (x_0/z_0) [1,5 \cosh(m/1,5) - 0,5] \quad (6)$$

que se resuelve por medio de ordenador siendo en este caso:

$$k = \tan \varphi \quad \varphi = 39,538^\circ \quad k = 0,8255$$

y los valores de x_0 , y_0 , z_0 , expresados en la pág 84 se aplican para los cuartos de hora y meses zodiacales, o sea (pág 17):

líneas horarias.-

$$(+/-) \varepsilon = 00,00^\circ \quad 03,75^\circ \quad 07,50^\circ \quad 11,25^\circ \quad \dots \quad 112,5^\circ$$

líneas de declinación (meses zodiacales).-

$$(+/-) \alpha = 23,45^\circ \quad 20,17^\circ \quad 11,33^\circ \quad 00,00^\circ$$

Hallado m para estos valores las coordenadas (x, y) de las líneas resultan de la simple aplicación de las expresiones (4) y todo ello mediante un programa de ordenador donde, previamente a la introducción de la ecuación (6), han de trasladarse las expresiones de los valores de x_0 , y_0 , z_0

© R. Soler 2003

(*) Editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en su Colección de "Ciencias, Humanidades e Ingeniería" (nº 29). Servicio de Documentación y Biblioteca. C/ Almagro nº 42 28010 MADRID. Tel: 34 91 3081988 Fax: 34 91 3199556 E.mail: "librería ciccp.es".



¹ En lugar de adjuntar el plano hemos creído más oportuno insertar las fotos, que son más demostrativas.

Traducción de los Problemas XII y XXV del Tomo III del Libro *Recreaciones Matemáticas y Físicas (Gnomónica Séptima Parte)* de Ozanam. París 1778

Por Carlos M^a Sánchez

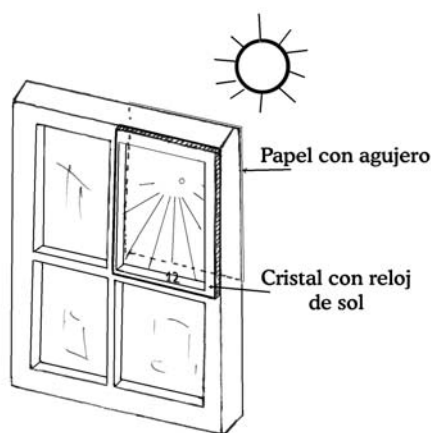
PROBLEMA XII.

Describir un reloj vertical en el cristal de una ventana, donde se pueda conocer la hora con los rayos del sol, y sin estilo.

El Sr. O Z A N A M, recuerda que hizo hace tiempo un reloj vertical declinante, en el cristal de una ventana, donde se podía sin estilo conocer la hora solar.

Saqué, dice, un cristal, encolándolo por fuera en el marco de la ventana; dibujé allí un reloj vertical, según la declinación de la ventana y la altura del polo sobre el horizonte, tomando como longitud del estilo el espesor del marco de la misma ventana. Entonces hice reencolar este cristal por dentro, contra el marco, dando para la línea meridiana una dirección perpendicular al horizonte, tal y como debe ser en los cuadrantes verticales. Hice encolar por fuera del mismo marco, enfrente del reloj, un papel fuerte, que no hubiera sido aceitado, para que, los rayos del sol lo penetraran menos, y la superficie del cuadrante fuera más oscura. Y para poder conocer la hora solar sin la sombra de un estilo, hice

un pequeño agujero en el papel con un alfiler, enfrente del pie del estilo que había marcado en el reloj. El agujero representa la punta del estilo y los rayos del sol que lo atraviesan, producen una pequeña luz en la ventana, la cual muestra agradablemente las horas en la oscuridad del reloj.



Dibujar un Cuadrante horizontal, que muestre las horas solares sin la sombra de ningún estilo.

PROBLEMA XXV.

La invención de este cuadrante es sumamente ingeniosa; pero M. Ozanam no ha tenido en cuenta una circunstancia muy esencial, saber la declinación de la aguja imantada, la cual en su tiempo era ya considerable, y que, siendo ahora de 19 grados y medio, causaría un error enorme, sin la corrección que añadiremos en su construcción. Pero comenzaremos por suponer esta aguja sin declinación.

Esta construcción utiliza la tabla de azimuts o verticales del sol, que hemos dado en el problema XXI. Dibujad sobre un plano horizontal móvil, el paralelogramo rectangular ABCD; cada uno de los dos lados opuestos, AB, CD, será también dividido en dos iguales por los puntos E, F, los cuales uniréis por la recta EF, que será la meridiana; sobre esta línea tomad a discreción el punto G para el pie del estilo, y los puntos F y H como puntos solsticiales de Cáncer y de Capricornio, por los cuales

dibujaréis desde el punto G, como centro, dos circunferencias que representarán los trópicos o los comienzos de estos signos.

Dividiréis el espacio HF en seis partes iguales, por los extremos desde los cuales dibujaréis otros cinco círculos, que representarán por orden los círculos de declinación de los comienzos de los otros signos dos a dos; pues la declinación del primer grado de Leo, es la misma que la del primer grado de Géminis; la del primer grado de Tauro, la misma que la del primer grado de Virgo, etc.

Después de esto tomad, sobre el círculo que representa el trópico de Cáncer, los arcos que responden a los azimuts del sol a las 11h y 1h, a las 10h y 2h, a las 9h y 3horas, etc de la forma que están señalados en la tabla indicada, y llevadlos sobre el círculo a uno y otro lado de la línea GH; haced otro tanto para el círculo que convenga al

comienzo de Géminis y de Leo, y así con los otros; unid por fin, por una línea que será necesariamente curva (si estos círculos están espaciados por igual), los puntos de las mismas horas: tendréis trazado vuestro cuadrante.

Con el fin de suplir el estilo, clavad por el punto G una pequeña punta, sobre la cual posaréis una aguja imantada, que pueda girar libremente, y tomad la dirección natural.

Para conocer la hora, bastará presentar este cuadrante al sol, estando el lado HB opuesto a este astro, y de tal forma que los lados CB, DA, no arrojen ninguna sombra: entonces la aguja imantada mostrará, por su intersección con el arco del signo donde se encuentra ahora el sol, la hora que es. En la figura, si se supone el sol en el comienzo de Cáncer, indicará que son aproximadamente las 9 y media de la mañana.

NOTA

Pero ya habíamos dicho más arriba que esto será solamente verdad, si la aguja imantada no tenía declinación: si tiene la de París que actualmente es de $19^{\circ}1/2$ al oeste exige una corrección. Es esta.

Como la aguja se encuentra siempre muy avanzada hacia el oeste en $19^{\circ}1/2$, en lugar de hacer los ángulos C, B, A, D, rectos, recortad vuestra planchita de manera que los ángulos B y D sean de $109^{\circ}1/2$, y los ángulos C y A de solamente $70^{\circ}1/2$: esto rectificará el error de la declinación; y será suficiente exponer al sol el cuadrante, como se ha dicho anteriormente, de forma que los lados CB, AD, no arrojen puntos de sombra.

TABLA DE ALTURAS DEL SOL
en cada hora del día, para el comienzo de cada signo, y para la latitud de París, de 48 gr.50 min.

	XII.	XI. I.	X. II.	IX. III.	VIII. IV.	VII. V.	VI. VI.	V. VII.	IV. VIII.
♈	64°	62. 1	55.22	46.38	37.00	27.11	17.32	8.22	
♉	61.21	58.55	52.38	44.10	34.40	24.51	15. 6	5.54	
♊	52.40	50.38	45. 8	37.20	28.14	18.32	8.45		
♋	41.10	39.29	34.46	27.45	19.16	9.55	0.33		
♌	29.40	28.14	24. 9	17.52	10. 2	1.30			
♍	21. 1	19.45	16. 2	10.18	3.10				
♎	17.45	16.30	12.57	7.25	0.40				

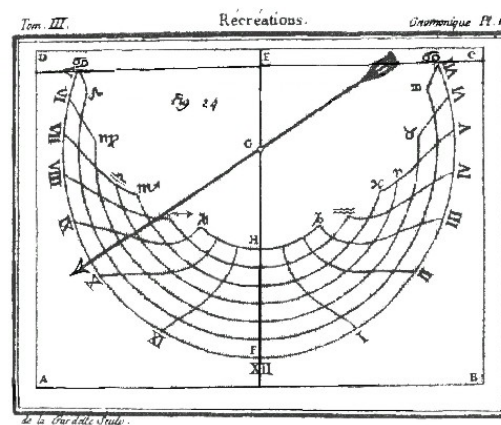


TABLA DE VERTICALES DEL SOL
en cada hora del día y al comienzo de cada signo, para la latitud de París, 48 gr. 50 min.

Se ha limitado al comienzo de los signos, para abreviar.

	XI. I.	X. II.	IX. III.	VIII. IV.	VII. V.	VI. VI.	V. VII.	IV. VIII.
♈	30.25	53.49	70.49	84. 2	95.23	105.58	116.28	
♉	29. 6	50.40	67.40	81.10	92.48	103.36	114.20	
♊	23.34	44. 0	60.36	74.21	86.23	97.38		
♋	19.36	37.30	53. 2	66.30	78.36	90. 0		
♌	16.45	32.30	46.42	59.30	71.12			
♍	14.57	29.15	42.24	54.28				
♎	14.20	28. 5	40.50	52.35				

NOTA DEL TRADUCTOR

Si hoy en día queremos construir este reloj de sol sin gnomon debemos conocer con exactitud la declinación magnética D (también llamada variación magnética o corrección de la brújula) Para efectos prácticos es el ángulo que se aparta la aguja del Polo Norte geográfico. Por convención es positiva al este y negativa al oeste y viene expresada en grados y minutos. Por ser variable en el tiempo y lugar es un dato que es necesario calcular.

- 1ª En España lo podemos hacer mirando un mapa topográfico Escala 1:25000 en el que encontramos en la parte inferior la declinación magnética en determinada fecha y lo que varía cada año.
- 2ª En el libro de Rafael Soler Gayà "Diseño y construcción de relojes de sol" hay un mapa de España con isógonas y solo hay que aplicar la corrección anual.
- 3ª Otra posibilidad válida para cualquier lugar de La Tierra es utilizar una calculadora "on line" en la siguiente dirección de Internet: <http://www.ngdc.noaa.gov/cgi-bin/seg/gmag/flid>

[snth1.pl](#) Solo tienes que introducir en Latitud y longitud separada por espacios los grados, minutos y segundos y obtendrás la declinación. He puesto las coordenadas de París que son 48° 33'N y 2° 17'E y sale una declinación para el día 23/07/03 de 1° 27'Oeste (Nada que ver con los 19 grados y medio oeste de Ozanam).

El mismo resultado lo puedes obtener bajándote el programa gratuito y de poco peso para calcular declinaciones GEOMAG. en la

siguiente dirección
http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geom_util/utilities_home.shtml Cuando te solicite el nombre de archivo pon: “ igrf.dat” .

© Carlos M^a Sánchez 2003

RELOX GENERAL DE RODRIGO ZAMORANO

Por Antonio Cañones Aguilar

En su “Compendio del Arte de Navegar” de 1581 el Cosmógrafo, Matemático y Botánico Rodrigo Zamorano describe la construcción y uso de un Reloj de Sol “general que sirve universalmente en todo el mundo”.

Siempre he tenido predilección por la reproducción, con los medios que ofrecen las técnicas actuales, de instrumentos que vienen descritos en textos antiguos. En muchos casos, los dibujos que nos han llegado están borrosos o difuminados por el maltrato, la mala conservación o simplemente por el paso natural del tiempo.

Aquí ofrezco una reconstrucción de este Reloj universal que viene detallada en el capítulo 34 y una transcripción al castellano actual de los capítulos 35 y 36 del texto citado up supra.

No transcribo el Cap. 34 titulado “De la composición de un Relox general, que sirve universalmente en todo el mundo” ya que es una completa y minuciosa relación de cómo debe trazarse el dibujo que ofrezco terminado.

Capítulo 35

De las partes de este instrumento

En este instrumento, lo primero esta el circulo dividido en 360 grados que es el Meridiano , y línea de las 12. Lo segundo, las líneas derechas, de las cuales la de en medio es la Equinoccial, y las dos últimas, los dos Trópicos, de Cáncer y Capricornio. Y las otras líneas de entre estas, son los paralelos de la declinación del Sol: las cuales tienen sus números convenientes. Y las que están entre la Equinoccial y el Trópico de Cáncer, sirven para desde los 11 de marzo hasta los 13 de septiembre. Y las otras para el demás tiempo del año. Y las líneas curvas, que atraviesan a estos paralelos, son las líneas horarias. Y el punto del Meridiano, que hacia la mano izquierda, dista de la Equinoccial 90 grados, es el Polo del Norte, y el punto contrario el del Sur. En el horizonte están lo primero los grados que van de uno en uno: y las cuartas de los vientos distinguidas con líneas de puntillos.

Capítulo 36

Como se sabra la hora por este instrumento

A cualquier punto del día que se quiera saber la hora que es, tómese la altura del Sol con el astrolabio, y sépase, por la tabla de la declinación del sol, la que tiene en ese día: que la altura del Polo, siempre el buen Marinero la tiene sabida por donde navega. Esto así sabido, póngase el horizonte del instrumento, por una parte abajo del Norte, y por la otra encima del Sur, tantos grados cuantos fuere su apartamiento de la Equinoccial en ese día: y fíjese allí con un poco de cera para que no se mueva. Luego, cuéntese de una y otra parte del Meridiano, desde el horizonte que tiene fijado, la altura que tiene el Sol sobre el horizonte: y por el fin de la cuenta atraviese un hilo que estará igualmente distante del horizonte. Cuento entonces la declinación del Sol en los paralelos comenzando de la Equinoccial del instrumento hacia la parte donde el Sol anduviere: y la línea o paralelo donde feneciere la cuenta de la declinación, mírese dónde, y en que hora es cortada por el hilo; y esta hora dirá que es advirtiéndole que si el cortamiento del hilo y paralelo cayere en el cortamiento del paralelo y de la hora, será la hora justa; pero si cayere fuera de la sección del paralelo y de la hora, en la parte que cayere, véase cuanto mas es de la hora, si es un cuarto, un tercio o media.

Y puesto el caso que cada línea horaria tenga dos números, uno de la mañana y otro de la tarde, fácil cosa es distinguir cual de ellos ha de servir, viendo si esta observación se hace antes del mediodía o después, lo cual se ve en el astrolabio en que si el Sol va subiendo, es antes del medio día y si va bajando será después.

Y hasta aquí lo que nos dice Rodrigo Zamorano sobre su reloj. Mi intención no ha sido otra que poner en vuestras manos un dibujo lo suficientemente claro y preciso para que cualquiera pueda construirse un reloj de este tipo simplemente con imprimirlo y pegarlo en una superficie que bien pudiera ser la de un CD fuera de uso.

Sólo me queda aclarar que lo que el autor llama “horizonte” es la regleta que va clavada sobre el centro del reloj girando en uno y otro sentido.

Quien quiera una buena demostración matemática del funcionamiento de este reloj la encontrará en el nº 23 de la

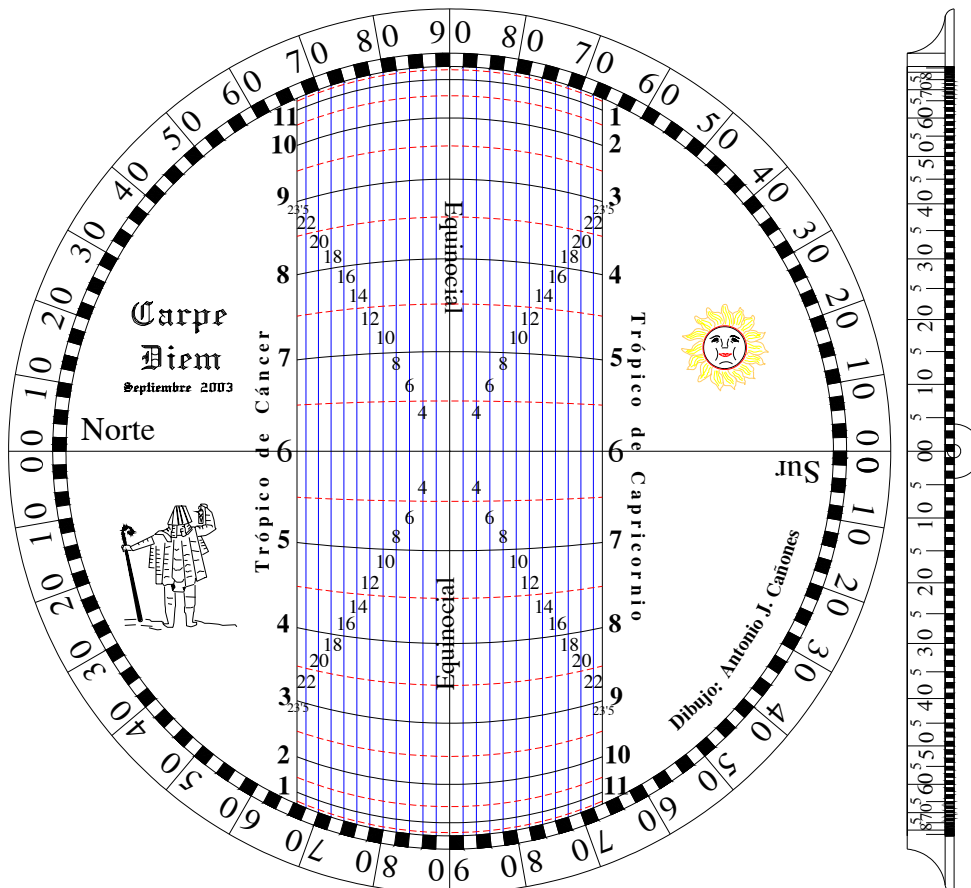
revista Analema, desarrollada por D. Jacinto del Buey Pérez.

En el nº 24 de la misma revista editada por la Asociación de Amigos de los Relojes de Sol hay otros cuatro interesantes artículos sobre antecedentes a este reloj.

Antonio J. Cañones - Julio 2003

andana@ono.com

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



UNOS CUADRANTES BIFILARES CURIOSOS (I)

Por Rafael Carrique Yribarne

Gracias a Rafael Soler Gayá, eminente gnomonista mallorquín, se están dando más a conocer los cuadrantes solares bifilares, bien porque él ya ha construido algunos o bien por aparecer ya en su libro "Relojes de Sol y de Luna".

Fue el alemán Michnik quien los describió allá por 1922, y hasta fechas recientes no había parecido despertar interés en este mundillo del gnomon. Originalmente se describía como un reloj de sol en el que el punto de lectura era la intersección de las sombras de dos hilos rectos (alambres, bordes de superficies, etc.), dispuestos en cruz, paralelos al plano del cuadrante y a distinta altura sobre éste. Posteriormente y con auxilio de los ordenadores, se ha ampliado el concepto de hilo y éstos pueden ser ahora curvos y no paralelos al cuadrante, incluso cualquier hilo en el espacio, con tal de ser una sucesión de segmentos unidos.

Despertó el interés de quien suscribe estos temas, y a la vista del libro de Soler y de algunos artículos dados por Internet (D.Collin 2001, Favio Savián, Gianni Ferrari, etc.) me propuse hacer un programa que dibujase este tipo de cuadrantes, para cualquier plano y para cualquier hilo.

El principal problema que se encontró fue que no existe (que el autor sepa) ninguna fórmula general que admita todos los casos (imagínense el de dos hilos curvos, por Ej. una parábola y una catenaria, que estén en distintos planos inclinados -aunque desconozco si una catenaria inclinada se sigue llamando catenaria- y proyecten su sombra sobre un cuadrante oblicuo-declinante, y a su vez marcarse hora media del huso). Abordar lo anterior analíticamente sería harto difícil, pues las líneas de horas se curvan y no digamos ya las líneas de fecha, que tienen dos o tres puntos de inflexión, lo que implica ecuaciones cúbicas si no cuárticas (de exponente 4) o más quizás.

Primeramente hemos de definir el plano del cuadrante con sus parámetros analíticos, A,B,C y D, dando su azimut y su inclinación.

Primeramente hemos de definir el plano del cuadrante con sus parámetros analíticos, A,B,C y D, dando su azimut y su inclinación.

Posteriormente se abordan los hilos analizándolos por segmentos finitos, es decir, por cálculo numérico de pequeños segmentos rectos. Cada hilo se descompone en 30 o 40 segmentitos (podrían ser menos pero a nada que los hilos se compliquen la precisión se resiente, y a la inversa, si son más, el ordenador se eterniza). A cada sucesión de puntitos del hilo se le dan unas coordenadas X,Y,Z en el espacio ([+X NORTE -X SUR] [+Y ESTE -Y OESTE] [+Z CENIT -Z NADIR]) y para un instante dado se busca el azimut al sol y su altura, dando un punto de sombra en el plano del cuadrante, por la fórmula analítica de la intersección de una recta (el rayo solar que pasa por este puntito) con un plano (el del cuadrante). Uniendo después estos puntos de sombra, tenemos otra sucesión de segmentos para ese instante ya sobre el plano del reloj.

Con el segundo hilo hacemos lo mismo, y después, por geometría analítica se busca la intersección de estas dos sombras (si existe), comparando y analizando cada segmento de sombra del hilo-1 con los del hilo-2. Se almacena posteriormente este punto con sus coordenadas "xyz" y un código asociado con la hora y fecha del rayo. A continuación basta con unir los puntos que tengan idéntica hora (para las líneas horarias) ó idéntica fecha (para las líneas de declinación). Si el cuadrante no es horizontal, hemos de dar a su vez unos giros a estas coordenadas para que queden finalmente referidas al plano del cuadrante y así poder construirlo.

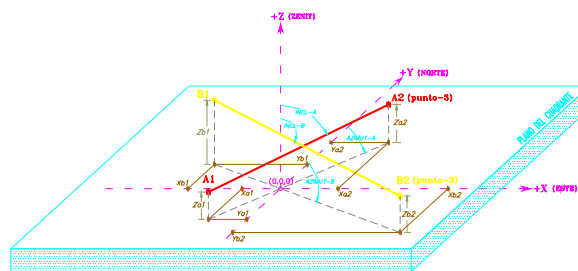
En la medida en que se iba avanzando, se encontraron varios problemas: uno que había casos en que las sombras se cruzaban dos veces (no siempre), dando duplicidad de horas para un mismo instante y se optó por desechar estos casos pues llevaría a confusión al futuro observador; se vio posteriormente que estos casos se podían abordar recortando algún hilo hasta donde nos convenga y posteriormente hacer otro dibujo con el resto del hilo, siendo el dibujo resultante la unión de dos diseños distintos y unidos por una línea común elegida convenientemente.

Otro problema fue que, para hilos complicados y según que horas, la unión de los segmentos de sombra cambiaba rápidamente de ángulo, dando

unos quiebros muy fuertes, y así, hacía incierta e imprecisa la intersección con la sombra del hilo-2. Se optó cambiar la filosofía de la búsqueda de la intersección, y se cambió por la intersección de dos arcos de sombra, tomando tres puntitos cada vez de cada hilo (sombra) y avanzando paulatinamente con los puntos. Así se ha ganado en precisión pero a costa de implicar más cálculos de apoyo y más lentitud, pues internamente sigue analizando la intersección recta, ya que en el caso de dos arcos (círculos), existen siempre dos intersecciones y este cálculo recto previo nos ayuda a desechar la mala.

Y otro problema fue la "maldita" catenaria, que es una curva sencilla de construir (basta con dejar colgar libre una cuerda o cadena en el espacio) pero que a la hora de analizarla no se deja mucho hincar el diente

Todo lo anterior sería impensable sin un ordenador, pues en cada tanteo (y hace unos 2000) se analizan unas 1000 intersecciones, involucrando más de 50 operaciones por intersección, lo que nos da un centenar de millones de operaciones por cuadrante, amén sin contar los cálculos solares propios.



CUADRANTE BIFILAR HORIZONTAL
(azimut=90° incl=90°)
HILOS RECTOS

NOTA: El punto 0,0,0 no tiene que ser necesariamente la proyección de la intersección de hilos.

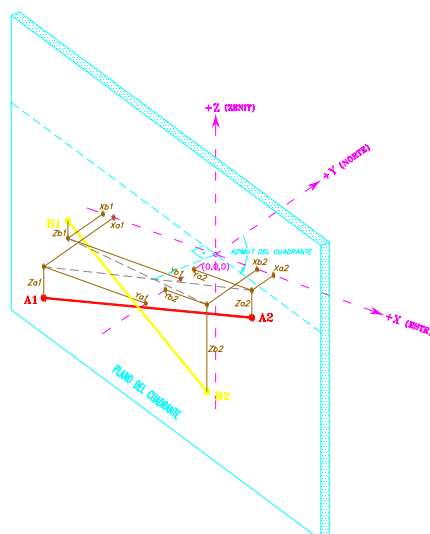
Figura 1

Suponiendo que se pudiera hacer a mano una operación por segundo, nos daría un tiempo de varios años!!. Realmente no es así, pues el ordenador va calculando a ciegas y la mente humana iría al grano más rápidamente, pero aún con todo, creo que no nos llevaría menos de un mes ajustarlo todo bien (trabajando con este método, claro), existiendo la posibilidad, al final de los cálculos, de ver que no existen intersecciones positivas, ¡verdaderamente desesperante!. Oí decir a alguien alguna vez que el ordenador era el "tonto" más rápido del mundo, y creo que no le faltaba razón.

Los primeros dibujos he de reconocer que fueron descorazonadores, pues el boceto resultante se parecía mucho al que hace un niño de dos años al que se le da una hoja y un lápiz !?!, pero poco a poco y depurando errores, los dibujos empezaron a tener simetría y a comportarse de una manera razonable.

Tienen estos cuadrantes un aliciente, y es que podemos jugar con los hilos hasta llegar a una configuración de horas deseada. Se me ocurrió hacer pruebas para ver si podía llegar a marcar el reloj la hora media y ser éstas líneas rectas, no analemas (o semianalemas) como se ven en los relojes normales.

Se partió de un cuadrante vertical directo sur, con dos hilos rectos en cruce ortogonal. El hilo nº1 se consideró vertical y separado todo él a 30cm. de la pared; y el hilo nº2 ha sido horizontal y a 15cm. ésta. Se verá que se han elegido estas distancias por estar el hilo horizontal en el punto medio entre la pared y el hilo vertical (este hecho es importante como se verá más adelante). Esta configuración bifilar recta, lleva a un dibujo específico del analema a las 12. Cogiendo la mitad que interese de esta lemniscata (la mitad, bien la de primavera-verano ó la de otoño-invierno, pues ella completa daría duplicidad de intersecciones) e invirtiendo el signo de las coordenadas, es decir, rotándola una vez sobre el eje X y otra vez sobre el eje Y, da las nuevas coordenadas de unos 40 puntos de paso de un nuevo hilo curvo vertical, situándolo todo él a $h=0.30$ (como el anterior), manteniendo inamovible hilo horizontal. Esta rotación la podemos realizar debido a el hecho de estar el hilo nº2 en medio (como se ha dicho arriba), pues se comporta este hilo (visto desde el lateral) como un punto donde confluye la proyección de esta analema sobre el hilo vertical; de no ser así, el nuevo dibujo de la semianalema vertical se complicaría un poco.



CUADRANTE BIFILAR VERTICAL DECLINANTE AL W
(azimut=aprox.110° incl=0°)
HILOS RECTOS

NOTA: -El punto 0,0,0 no tiene que ser necesariamente la proyección de la intersección de hilos.
-Hay que tener especial precaución para que ninguna coordenada quede detrás del cuadrante.

Figura 2

Funcionando sólo medio año, las líneas de fecha se han hecho ir por los días-1 de cada mes, pues así pienso que se identifica mejor de un golpe de vista la fecha de lectura, no estorbando ya las líneas del otro medio año.

He de reconocer que siempre se me han atragantado un poco las líneas del zodiaco para detectar bien la fecha, amén de su significado astrológico, aunque también reconozco que es la única manera de tener simetría y a su vez estética el cuadrante, al existir sólo 7 líneas,

pues de lo contrario, aparecerían una docena de ellas y sería, pienso, un galimatías asimétrico.

Cogiendo el analema de las 12, no existe línea de solsticios en todo el cuadrante, pues los dos hilos no comparten horizonte, así pues, en el dibujo que se da, se han alargado las horas hasta estos solsticios, más que todo por estética. Realmente, el cuadrante sólo es efectivo dentro del recuadro que se enmarca en discontinuo, pues al hacerse casi horizontales las partes extremas del hilo vertical, la intersección con el hilo horizontal se hacía incierta.

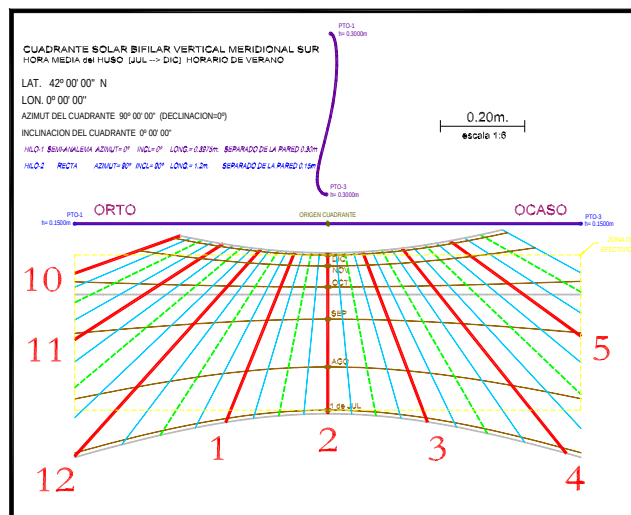


Figura 3

La única línea que es realmente recta es la de las 12 (las 2 de la tarde oficial), ya que en el dibujo tal y como lo daba el programa, en los extremos de la zona de efectividad se apreciaba una ligera curvatura (casi despreciable). Así pues, este cuadrante sólo se limita desde el 1-Julio a principios de Diciembre, para esta disposición de hilos, claro.

También se ha considerado sólo la hora media

con un adelanto de 2 horas, pues la hora oficial adelantada 1 hora (desde finales de Oct) casi no tiene representación en éste. (fig.3). Continuando con esta misma filosofía, se he hecho otro cuadrante bifilar, pero ahora horizontal y con corrección de longitud, representando la hora de verano y la de invierno, pues aquí hay más superficie afectada por ambos tipos de hora.(fig. 4)

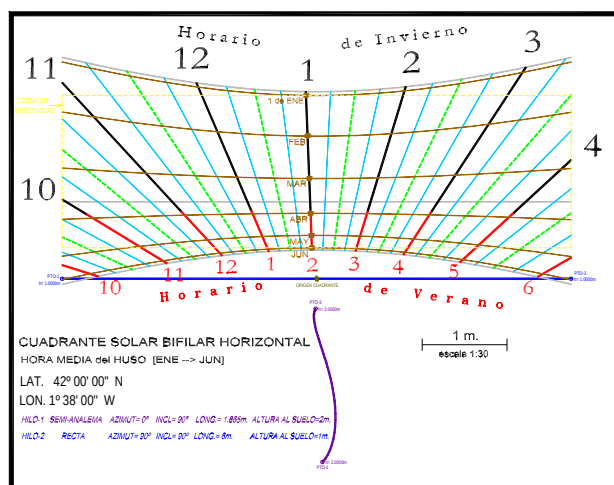


Figura 4

Continuará en la próxima edición

CONSTRUYE TU PROPIO RELOJ ANULAR

Por Antonio Barceló Roldán

Amigo lector: En más de una ocasión habrás tenido en tus manos las instrucciones técnicas para delinear un reloj de Sol de los llamados “anulares”, o en forma de anillo. Pero no es menos cierto que muchas más veces habrás tropezado con el inconveniente de no haber sabido encontrar o manejar los materiales necesarios para su construcción. Me figuro que te has estado preguntando: ¿Dónde encuentro un buen tubo de cartón? ¿Existirán en el mercado tubos metálicos adecuados de los que se pueda obtener, mediante aserrado, un buen anillo?.

Esas preguntas sobran si lees atentamente las explicaciones que siguen:

1º.-Lo más fácil y utilitario es que, ante todo, te hagas de una lata vacía, pequeña, de las que han contenido aún en aceite o pimientos morrones, que son de baja altura y que poseen un radio muy de acuerdo para la buena ubicación de las líneas horarias y sus números, e incluso los signos del zodiaco. En estos relojes no conviene poner demasiados parámetros que saldrían demasiado juntos.

Dicha lata debe ser abierta, a ser posible, con un buen “abretalas”, de los que no dejan rebordes cortantes. También pueden anularse esos rebordes aplastándolos con la boca de un alicate, o limándolos debidamente, cosa que daría un poco más trabajo previo.

2º.-Una vez trazado el reloj en el papel, repasando previa y detenidamente la aplicación de fórmulas y el perfilado de las líneas horarias y/o los analemas, lo recortamos cuidadosamente y lo presentamos dentro del anillo que forma la lata para comprobar si ajusta bien. Si todo marcha como es debido, sacamos el papel, le aplicamos pegamento neutro de oficina, de los que venden en barra, de color blanco. Lo volvemos a poner y veremos que queda firme en pocos minutos.

3º.-Los agujeros en la lata se pueden hacer cómodamente (lo tengo probado por mí mismo) con un alicate especial, de los que se emplean para abrir boquetes en los cinturones de cuero. En el papel interior del anillo ya irán señalados esos agujeros, y no hay más que abrirlos en su sitio. Después, con una pequeña lima de cerrajero, del tamaño del agujero, se agrandan o se afinan los bordes, y listo.

4º.-Viene ahora la colocación de una tira de papel adhesivo sobre la lata, con el fin de que ofrezca la decoración queelijamos libremente. Ese papel será de la marca “Airon Fix”, que venden en todas las buenas papelerías. Recortamos previamente, la tira con la que vamos a cubrir la superficie del anillo, y la presentamos, comprobando sus medidas. Una vez conforme, se le quita al “Airon Fix” el papel que cubre el pegamento y lo adherimos ya definitivamente sobre la superficie del ánulo, poco a poco, despegando cualquier desviación, si fuera necesario, y presionando nuevamente hasta el final.

5º.-Una vez hecho esto, nunca antes, se buscan al tacto los agujeros que hicimos en la lata, y con la misma lima redonda utilizada antes, se rompe cuidadosamente el papel “Airon Fix” en el mismo sitio del agujero, y se ensancha la rotura hasta lograr una redondez perfecta.

6º.- Se finaliza la construcción, según hice yo, de la siguiente manera: Entre mis bártulos encontré una cadenita desprendida de un silbato de “carretilla”, de los que usan los árbitros o los policías municipales, y dicha cadenita la introduje por el agujero de suspensión, poniendo al final de la misma un anillito que venía también al final de los eslabones, abriendo dicho anillito, y cerrándolo después de haber introducido la cadena. Para ese trabajo de abrir y cerrar el anillito, utilicé dos alicates corrientes. Es fácil.

7º.-Consejo final: Síganse los pasos en el orden indicado de la presente explicación, sin alterarlos, del primero al último, porque podrían surgir dificultades a la hora del montaje o construcción.

Nada más.

Buena suerte, un poco de habilidad –no mucha- y paciencia. El trabajo nos recompensará después de este pequeño esfuerzo con el legítimo orgullo de haber montado un bonito reloj de Sol.

© Antonio Barceló Roldán 2003



EL RELOJ DE SOL DE ESTIVELLA

Por Joan Olivares

UN POCO DE HISTORIA

La división del día en 24 partes iguales contadas desde la media noche es relativamente moderna. Algunas civilizaciones antiguas como los Caldeos, los Egipcios, los Persas, los Sirios, los Griegos, etc. Comenzaban el recuento horario con la salida del Sol. En la mayoría de estas civilizaciones, la parte diurna del día se dividía en 12 horas de duración variable según la época del año. Estas horas se conocen en la actualidad con el nombre de antiguas o temporarias.

En la edad media, los árabes introdujeron en Europa el sistema de 24 horas iguales independientemente de la época del año. Pero en según que países, la hora cero se situaba en el alba o en el ocaso, dando lugar a las horas babilónicas y itálicas respectivamente. Las babilónicas se llaman así por su origen más reconocido; las itálicas, en cambio, deben su nombre al hecho de que en Italia se mantuvieron vigentes hasta principios del s. XIX.

En España no tenemos confirmación de ningún reloj de horas babilónicas ni itálicas anterior al s. XVII. Desconocemos también si en algún lugar se llegaron a usar de manera oficial alguno de estos sistemas horarios. Si que quedan, sin embargo, numerosos ejemplares de antiguos relojes de época andalusí (periodo de dominación islámica en una parte de la Península Ibérica.) Estos relojes, como los de horas babilónicas, tienen el origen en el alba y usan las horas antiguas. El fundamento de este tipo de reloj se describe en los *Libros del saber d'Astronomía* de Alfonso X el Sabio.

RELOJES DE LUJO

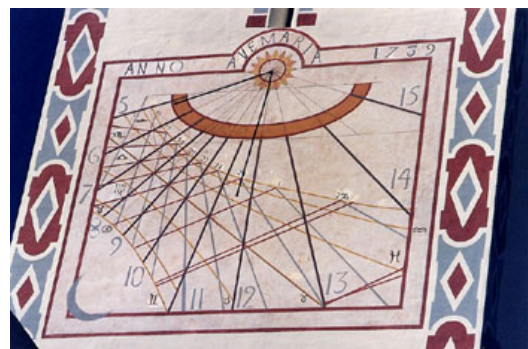
Durante los siglos XVII y XVIII, época de esplendor de la gnomónica, algunos gnomonistas proyectaron y construyeron relojes de formas estrafalarias y de tipologías inusuales. Uno de los modelos más complejos combinaba en un mismo cuadrante las horas babilónicas, las itálicas, las clásicas y las líneas zodiacales. De esta manera, una sola sombra proporciona cuatro informaciones directas, además de

algunas otras que solo requieren unos pequeños cálculos mentales.

De este tipo de relojes, en España solo tenemos constancia de unos pocos: el del Paular, provincia de Segovia y el conjunto del monasterio de san Jerónimo, en Granada. En el País Valenciano no conocíamos ninguno hasta que el arquitecto Francesc Cervera nos mostró el del campanario de Estivella, una pequeña localidad cercana a Sagunto.

UNA EXQUISITEZ EN ESTIVELLA

El reloj de sol de Estivella marca las horas itálicas, babilónicas, el tiempo verdadero y los periodos zodiacales. Tiene unas dimensiones poco usuales: unos 4 m. De ancho por unos 3,5 de alto. Es del año 1739, época en la cual estos relojes estaban *de moda*. Tiene dos inscripciones, una en un arco que forma la parte superior central donde dice: «Ave Maria» , y otra que ocupa la casi totalidad del margen superior que dice «anno 1739». En el punto donde se sustenta el gnomon hay un pequeño sol en colores rojo y amarillo. En la esquina inferior izquierda hay una luna naciente y menguante de color gris.



Como la mayoría de los relojes de nuestras comarcas, está pintado en la pared y utiliza pigmentos básicos. Esta técnica comporta que muchos relojes se deterioren severamente con el paso del tiempo, pero por otra parte facilita la construcción de modelos de estas dimensiones extraordinarias. La pintura de nuestro reloj estaba en un deplorable estado de

conservación, pero por suerte se habían esgrafiado las líneas sobre el enlucido de la pared, de tal manera que ha sido posible reconstruir-lo en su totalidad sin demasiadas complicaciones.

No tenemos ninguna referencia sobre el autor del reloj, pero sin duda fue diseñado por un experto gnomonista ya que los cálculos matemáticos y geométricos, de los cuales también se conservan restos esgrafiados en la pared, son correctos y precisos.

Lamentablemente, cuando se nos encomendó el estudio del reloj, la restauración ya estaba hecha y no se pudieron corregir unos pequeños errores, como por ejemplo las líneas dobles en las horas babilónicas 6 y 7, que, posiblemente, corresponden a equivocaciones corregidas por el autor. Otro error, algo más grave, lo encontramos en la numeración de las líneas itálicas (color gris) y las babilónicas (color almagre.) Las líneas clásicas (negras) están bien numeradas, aunque no es nada habitual usar el 13, 14, 15, etc., para la una, las dos, las tres, etc., de la tarde. Los signos del zodiaco están relativamente bien colocados entre las líneas zodiacales (color azafrán), aunque también se observan pequeños desajustes.

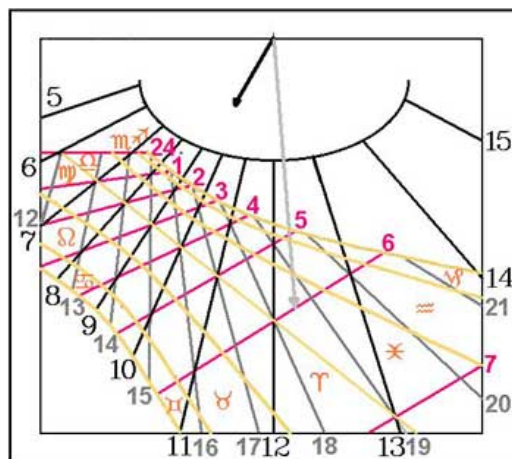
El reloj presenta una declinación de 40° E con lo cual las líneas horarias aparecen notablemente asimétricas.

LECTURA DE LAS DISTINTAS HORAS

Para hacer una lectura de la hora solar tradicional se consulta la posición de la sombra del gnomon entre las líneas horarias clásicas (negras.) Esta lectura se puede hacer a lo largo de toda la línea sin que importe la longitud de la sombra. En cambio, para hacer las otras lecturas (hora babilónica, hora itálica y fecha), hay que consultar exclusivamente la posición de la sombra del extremo del gnomon, que en este reloj presenta un perceptible engrosamiento para facilitar su localización. A continuación mostramos un ejemplo de cómo se debe consultar el reloj.

HORA CLÁSICA:

La sombra se sitúa entre las líneas horarias correspondientes a las 12 y las 13 horas, más cerca de las 12. Son aproximadamente las 12:15 de tiempo solar verdadero.



HORA BABILÓNICA:

El extremo de la sombra del gnomon se sitúa sobre la línea babilónica (roja) de las seis. Así pues, hace seis horas que salió el sol.

HORA ITÁLICA:

La sombra del extremo del gnomon se sitúa aproximadamente a mitad del camino entre las líneas itálicas (grises) 18 y 19. Son las 18 y media itálicas. Puesto que 24h. -18h. 30min. =5h. 30min. Faltan cinco horas y media para la puesta.

DURACIÓN DEL DIA:

Si según la hora babilónica, hace seis horas que salió el sol y según la itálica faltan cinco y media para que se ponga: 6h. +5h. 30min. =11h. 30min. La duración del día será de once horas y media.

CALENDARIO:

Ya sabemos que una posición de la sombra entre las líneas zodiacales corresponde a dos fechas posibles. Si suponemos que nos encontramos en el primer semestre del año (21 dic- 21 junio), la indicación zodiacal nos dice que estamos en el signo de Piscis. Puesto que la sombra marca aproximadamente la mitad del camino, estaremos cerca del 5 de marzo. Si nos encontráramos en la otra mitad del año, sería el 5 de octubre.

HORAS DE SALIDA Y PUESTA DEL SOL:

Si al tiempo verdadero le restamos la hora babilónica, obtendremos la hora de salida del sol: 12h. 15min. - 6h. = 6h. 15min. La hora

de la puesta se puede calcular de diversas maneras, una de ellas es calcular las horas que faltan para la puesta y sumar esta cantidad al tiempo verdadero: 12h. 15min. +5h. 30min. =17h. 45min.

¿POR QUÈ EN ESTIVELLA?

No es concebible que toda esta cantidad de información horaria pudiera estar destinada al uso de los modestos labradores de la Estivella de aquella época. Seguramente no habría en aquel pueblo media docena de personas capaces de deducir otra información que la del tiempo verdadero.

Creemos que la concepción y ejecución de este monumental y extraordinario reloj solo se pudo deber a un capricho de la aristocracia local, probablemente con la intención de hacerse notar. También es posible que el señor territorial o algún rico propietario hubieran sido estudiosos de las ciencias astronómicas y de la gnomónica en particular.

Joan Olivares Alfonso
Gnomonista.
Otos-2002

© Joan Olivares Alfonso 2003

NUMERACIÓN Y CURIOSIDADES

Por Joan Serra Busquets

Muchos de los relojes de sol actuales, digamos desde el siglo XX hasta la actualidad, llevan la numeración romana. Esta tendencia podría parecer, en un principio, que es debida a un interés en continuar o perpetuar una tradición antigua, como si se diera por supuesto que los relojes de sol clásicos llevaran en su mayoría la numeración romana. Sin embargo, nada más lejos de la realidad. La inmensa mayoría de los relojes de sol antiguos, digamos anteriores al siglo XX, en España, llevan la numeración arábica.

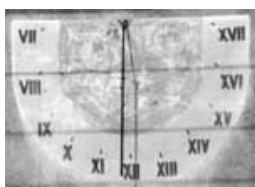
En Mallorca, donde hay gran abundancia de cuadrantes solares, solamente el 1% de ellos lleva números romanos. Y este porcentaje es generoso porque algunos de ellos no podemos fecharlos con certeza.

En la península el porcentaje sube un par de puntos pero el número total es tan bajo que no justifica la costumbre actual de usar este tipo de numeración.

Sin embargo, en Europa, entendiendo como Europa el resto del continente, ya son más frecuentes los cuadrantes con numeración romana aunque prevalece la arábica.

Además de estos dos tipos generales de numeración en el que, como hemos dicho, predomina la arábica, hemos encontrado todo tipo de combinaciones y curiosidades:

Es poco frecuente encontrar relojes con la numeración de 24 horas como hemos encontrado en estos dos ejemplos:



Mucho más habitual es encontrar relojes que tienen la numeración arábica y la fecha romana, y viceversa. No hace falta poner ninguna foto de ejemplo por su gran abundancia.

Hemos encontrado también casos en los que se mezclan los dos tipos de numeración como

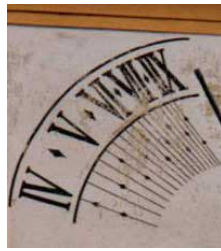
podemos ver en estas dos fotos proporcionadas por Joan Olivares:



En la primera foto pueden observarse numerales góticos como el 4 y el 9 al revés, poco frecuentes en relojes de pared pero más habituales en algunos portátiles medievales. En la segunda foto, la inclusión del 8 parece haber sido por falta de espacio y para mayor claridad y facilidad de lectura.

Abundantes IIII en lugar del IV sin que haya una explicación cierta sobre el por qué. Parece ser que hubo un tiempo en que la numeración romana era aditiva, es decir, los números se conseguían a base de ir añadiendo los números básicos. De este modo encontramos IIII y XXXX, y también CCCC. También hemos encontrado un VIIII por un 9, siguiendo esta misma regla.

Después la numeración pasó a ser sustractiva. El 4 ya no se conseguía añadiendo I al III sino quitando I al V, de modo que ningún número podía escribirse más de tres veces seguidas. Imagino que este cambio induciría a cierta confusión por lo que podemos ver en esta foto que, en lugar del VIII le resta II al X, como me hace notar Martha Villegas en la siguiente foto. Esta foto pertenece a un reloj en Alemania pero lo mismo le ocurre a otro reloj en el pueblo de Sant Joan, Mallorca, del que no dispongo de foto por estar el reloj cubierto de hiedra pero del que, Rafael Soler, plasmó en un dibujo publicado en "La Busca de paper" donde también se ve escrito el IIX en lugar del VIII.

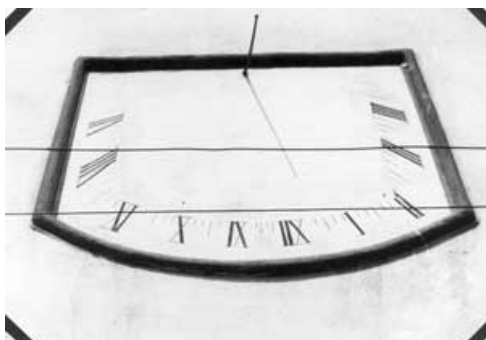


El IIII es usual en los relojes mecánicos. Hay quien dice que se continua poniendo porque equilibra visualmente el VIII del otro lado y también para que no se confunda con el VI.

Casos curiosos son también aquellos en que el sentido de lectura está invertido como ocurre en esta foto donde parece que la faja horaria fue pintada para poder ser leída desde la ventana :



Hay que decir que también hay otro ejemplo como éste, pero sin ventana, con lo que la explicación parece más difícil:

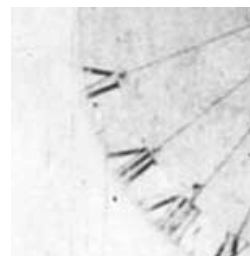


Los que me llaman mucho la atención son estos en los que el VI, el VII, el VIII e incluso el VIII que mencionaba antes están escritos como si el V se hubiera escrito boca abajo, aunque más exactamente es tal como se vería en un espejo o como si estuviera abatidos 180°. En la foto de este hermoso reloj de Austria, muy conocido en internet, puede verse un ejemplo muy claro, incluyendo el típico IIII:



Y no sólo los números citados anteriormente, sino también el IX. Aunque a primera vista parece escrito correctamente, no lo está. Está escrito al revés, como los anteriores, como si la X estuviera boca abajo o vista en un espejo.

Dos ejemplos más:



Confieso que no conozco la explicación de este proceder pero estoy convencido de que no se trata de errores y de que deben de tener algún sentido. He encontrado en Alemania, en Austria, en Italia, en la República Checa y en España pero seguramente hay en muchos otros lugares. Obsérvese también este reloj mecánico.

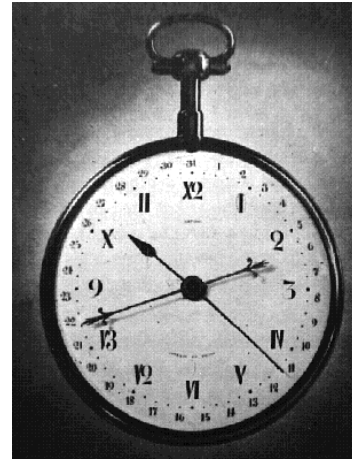


Todos ellos tienen el mismo formato, bastaría girar el V al revés y su lectura sería correcta.

En estas dos fotos siguientes cedidas por Esteban Martinez podemos ver que en la de la izquierda los números girados son los de las XI y las XII mientras que en la de la derecha es el VI.



Aún no hemos visto ningún reloj que mezcle libremente las dos numeraciones para formar una cifra como en el caso de este reloj mecánico construido por el relojero francés Lepine (1720-1814). Obsérvese las V2, las V3 y las X2.



Supongo que con el tiempo y paciencia iremos encontrando más curiosidades.

©Joan Serra Busquets 2003

BREVE HISTORIA DE LA GNOMÓNICA

Por NICOLA SEVERINO

Traducido por MARTHA A. VILLEGAS con la colaboración de JOSÉ C. MONTES México, Junio de 2001

Hace cerca de 2,500 años (primera mitad del siglo VI a. de C.), **Anaximandro**, el primer filósofo griego, ensayó prodigiosos experimentos matemáticos en Esparta, su ciudad preferida. Se esforzó para obtener sobre un plano, tal vez horizontal, la proyección de algunos de los círculos de la esfera celeste, a través de la simple observación del recorrido de la sombra del Sol proyectada por un asta.



Más tarde esta asta fue denominada "gnomon" que en griego quiere decir "indicador", y en el caso de la gnomónica significa indicador de fracción de tiempo.

Fig.1 El hombre primitivo observando la sombra de un gnomon.

Pongamos atención a la primera distinción. Se ha dicho "fracción de tiempo" y no "hora". En cuanto a la "vexata quaestio" de la gnomónica antigua, y de gran parte de los compiladores y de los sabios que escribieron disquisiciones en este campo, es propio hacer la pregunta: en la antigüedad, ¿cuándo se comenzó a usar la fracción denominada "hora" como la duodécima parte de un día?

El tema es muy largo, por lo que diremos brevemente que según los datos recopilados en nuestra investigación, no se ha demostrado que existiera la hora como la

doceava parte del día en la época de Anaximandro; ni siquiera es seguro que las horas hayan sido de uso común en Grecia. Teniendo en consideración algunos detalles arqueológicos, como la representación del sistema duodecimal de la hora diurna y nocturna en un sarcófago egipcio de algún siglo previo al del filósofo griego, y suponiendo que la hora existiera ya en aquel tiempo, podríamos pensar que Anaximandro hizo el intento, entre otras cosas, de verificar el funcionamiento de un reloj de Sol del tipo horizontal, casi seguramente con gnomon perpendicular al plano. La información existente no es suficiente para demostrar si la teoría gnomónica de Anaximandro considera solo el trazo horario del reloj, o también del calendario.

La discusión entre dos grandes historiadores del pasado, Claudio Salmasio y Dionisio Petavio, se basa en este aspecto en particular. Mientras el primero creía que el filósofo había aprendido solo a trazar la curva solsticial y la línea equinoccial, porque sostenía que en aquella época no se conocía la subdivisión horaria duodecimal, el otro hacía notar que de nada servía a la gente conocer los instantes precisos de los solsticios y que por lo tanto un reloj de Sol de este género no sería útil al pueblo.

Tal vez, como siempre, la verdad está en medio. Si se piensa que no es cosa imposible que Anaximandro conociera la hora (obviamente heredada de la cultura egipcia) y que hiciera fácilmente observaciones gnomónicas del solsticio y del equinoccio, no se comprende por qué no deba hacerse la hipótesis de que su reloj de Sol fuese verdaderamente un instrumento completo, con líneas horarias y solsticiales. Podría ser esta la crónica del primer experimento gnomónico que la historia haya registrado, pero la invención del reloj solar es mucho más antigua que el experimento de Anaximandro.

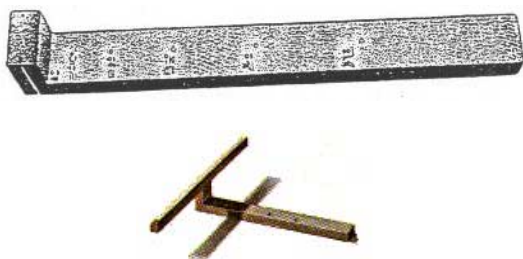
Existen muchos indicios de naturaleza astrológica y astronómica que podrían hacer pensar en el uso de instrumentos solares (aunque no se sabe el tipo ni que fracciones de tiempo marcaban) en una civilización

científicamente evolucionada (para aquellos tiempos) como la de los caldeos (término con el cual se llamaba a las civilizaciones que se establecieron en el territorio del valle del Eufrates alrededor de los milenios IV y III a. de C, como los sumerios, babilonios, hititas, etc.)

Se tiene testimonio concreto de la existencia del uso del reloj solar portátil y fijo (tal vez de una ciencia gnomónica ya en un cierto modo evolucionada) en los objetos que los arqueólogos han devuelto a la luz hasta ahora. En particular se recuerda la "**Sundial Stone**", llamada así por los arqueólogos. Parece ser un verdadero reloj solar horizontal, pero solo con líneas horarias y con un gnomon probablemente vertical en el punto de origen de las líneas. Fue encontrada en el complejo arqueológico de Newgrange, Inglaterra y corresponde al V milenio a. de C. Se trata entonces del reloj solar más antiguo, similar al común reloj solar horizontal moderno, del que hay noticia.

Entre los ejemplos ilustres se menciona el observatorio astronómico, y además gnomónico, de **Stonehenge**, pero estamos hablando ya del año 1500 a.C., época en la cual en Egipto era ya de uso común el reloj solar portátil, llamado "merkhet", con forma de T, que es un reloj de Sol similar a los pequeños altares con escalones, y una pequeña meridiana vertical semejante a la nuestra, pero con gnomon perpendicular. Esto da testimonio de como los sacerdotes egipcios, dedicados al estudio de la astronomía, hicieron muchos adelantos en los experimentos gnomónicos.

Fig. 2 Ejemplos de reloj de Sol egipcios.



Después viene el famoso **reloj solar del rey Acaz**, correspondiente al VIII siglo a.C., del que existe solo testimonio bíblico. Después de los intentos que se han realizado por más de 2,500 años, no se ha tenido éxito en determinar su forma ni diseño, y no hay una explicación definitiva sobretodo con relación al presunto milagro de Isaías sobre el "retroceso" de la sombra del gnomon sobre dicho reloj de Sol, que ha hecho de este pasaje de las escrituras, un pequeño "best-seller" de divulgación y de

investigación erudita en todos los períodos de la historia.

De todos modos, si acaso hubiera existido verdaderamente el reloj de Acaz, fue poco antes de Anaximandro. Habría que discutir entonces el período que se considera como inicio de la gnomónica, tanto como ciencia ya adquirida, o como el arte de intentar construir instrumentos solares para la medición del tiempo. La "Sundial Stone" representa ya un inicio, y aunque se trata de una ciencia un tanto remota, no pudo ser considerada como un evento individual. Evidentemente en aquel tiempo, los relojes solares se usaban comúnmente. Los relojes egipcios, en cambio, representan un estado ya muy avanzado de la técnica gnomónica; también la mitad del II milenio a.C. pudo y debe ser considerada como un período fecundo de la gnomónica.

Más cercano a nosotros, pero sin datos suficientes y de hallazgos arqueológicos, el período de Anaximandro es en general aceptado en la actualidad como el inicio de la gnomónica.

En la **gnomónica griega**, el verdadero período en que los relojes de Sol tuvieron una gran difusión y en el que un gran número de filósofos se dedicaron al estudio técnico de esta disciplina, se considera a partir del siglo IV o III a.C. Se sabe que Demócrito escribió un tratado sobre relojes solares que no conoceremos nunca porque se ha perdido. Mientras Apolonio de Pérgamo fue uno de los primeros en terminar estudios matemáticos que tuvieron gran influencia sobre la gnomónica y el babilonio Beroso Caldeo parece que tuvo su aportación, tal vez en la tierra del Eufrates, modificando el reloj solar más común, llamado "hemisferio" o "polos", transformándolo en el reloj solar más notable de la antigüedad, llamado "hemisclio".

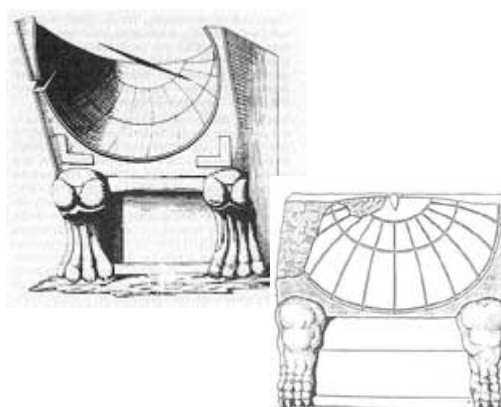


Fig. 3 Hemisclio clásico.

La modificación es simple, pero genial: un corte neto en el vientre del reloj de Sol conforme al ángulo igual a la latitud del lugar, "ad enclima succisum", mientras que el gnomon es destituido del centro de la semiesfera e instalado horizontalmente en el punto de convergencia de las líneas horarias. De golpe el viejo hemisferio, pesado y quizás un poco feo, se torna ágil, manejable (pero no demasiado), esbelto, elegante y se presta a muchas decoraciones artísticas, como las cuatro patas de león que le dan una base sólida sobre la cual se apoya el cuarto de esfera que hospeda las líneas horarias y las curvas de los solsticios y del equinoccio.

El hemisferio tuvo suerte no solo en Grecia, también los romanos supieron apreciar las dotes de este extraordinario marcador del tiempo solar, tanto, que fue reproducido en numerosos ejemplares y en diversas versiones, con varias modificaciones. La popularidad de este instrumento, se evidencia en los continuos descubrimientos de ejemplares correspondientes a la época griega, algunos de los cuales fueron robados y transportados a Italia en la época romana como los de Pompeya, de Aquilea y otros. El hemisferio y el hemisferio son los únicos relojes solares que dan testimonio del uso de la hora solar como la doceava parte del día.

Antes de que estos relojes se hicieran populares, era común en Grecia un método para medir el tiempo llamado "**decempedalis**" o "**stoicheion**". Este método es mencionado por diversos autores de la época. Aristófanes utiliza el término "stoicheion" para indicar un instrumento para medir el tiempo basado en la medición de la sombra proyectada por el propio cuerpo estando en posición vertical. La medición era efectuada en la unidad llamada "pie" y en general se indicaban los momentos principales del día, como por ejemplo los de las comidas, que debían realizarse cuando "la sombra del stoicheion era de 10 pies", según algunos, y de 12 pies, según otros. Así se expresan autores como Aristófanes, Menandro, Ebulio, Polluce, etc. Es fácil de intuir que tal método, siendo muy simple y de aplicación inmediata, fue adoptado también por los romanos y permaneció en uso hasta el Renacimiento.

Es interesante evidenciar que todavía en el tiempo del monje inglés Beda el Venerable (del cual diremos muy poco) era tal vez uno de los pocos métodos utilizados para la medición del tiempo por medio de las sombras solares.

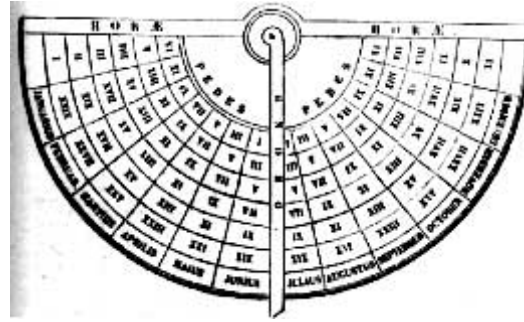


Fig. 4 Tabla de la longitud de la sombra del cuerpo humano medida en unidades llamadas "pies". De la obra "*De temporum ratione*" de Beda.

En el **siglo III a.C.**, después de las innovaciones aportadas por el babilonio Beroso, los relojes solares en Grecia fueron reproducidos en gran cantidad y en muchas formas, de las cuales el único testimonio de fuente reconocida es el del más notable arquitecto de la antigüedad: **Vitruvio Polión**.

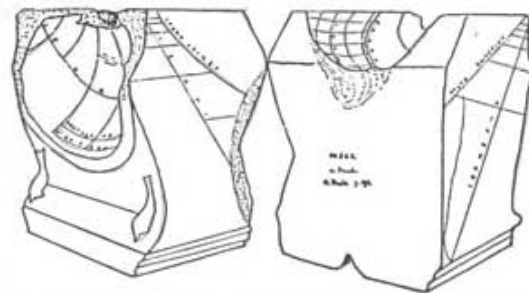


Fig. 5 Relojes de la época greco-romana.

En efecto, su obra "*De Architectura*", constituye la más antigua e importante documentación sobre la gnomónica de aquella época; antigua en cuanto a que no se han obtenido otros documentos de gnomónica de períodos anteriores, e importante en cuanto a que es el único que trata específicamente la gnomónica en un libro entero, el IX, relativo a las diversas categorías de relojes de Sol y sus inventores.

La obra de Vitruvio es para los gnomonistas modernos un propio y verdadero inventario, punto de partida para cualquier estudio sobre la gnomónica antigua, un catálogo gnomónico sin el cual, habríamos aprendido muy poco actualmente sobre los relojes de Sol de hace 2,000 años. En el libro IX de esta obra viene mencionada la transformación del antiguo hemisferio en hemisferio, efectuado por Beroso.

Lamentablemente, la obra de Vitruvio no se halla en original, sino únicamente a través del precioso trabajo de los traductores y copistas

del Alto Medievo, los cuales en su extensa obra de copiado, al restituir códices no estaban exentos de errores de transcripción, de interpretación, etc. Así que nosotros como últimos depositarios del texto de Vitruvio tenemos que enfrentar el riesgoso trabajo de la anulación de tales errores, con el noble intento de enmendar, pero con el triste resultado de transfigurar, copiar, cancelar, tergiversar y transmitir a otros que creen que ha sido correctamente enmendado.

Tomando en cuenta las variadas y discordantes interpretaciones de los autores modernos de gnomónica, podemos sintetizar en líneas esenciales, la teoría sobre la forma y el uso del reloj solar citada por Vitruvio en el libro IX de "De Arquitectura". Iniciamos con una simple traducción literal de la breve historia de los relojes solares que provee el autor:

"El semicírculo excavado en un cuadrado con inclinación al polo, dicen fue invención de Beroso el Caldeo. El Escafa o Hemisferio de Aristarco de Samos, como también el disco sobre un plano. El astrónomo Eudoxo inventó el Araña, aunque algunos se lo han atribuido a Apolonio. El Plintio, o sea el Lacunario como aquel colocado en el Circus Flamini, lo inventó Scopas el Siracusano. Parmenión halló el pros ta istoroumena. Teodosio y Andrés el pros pan klima. Patrocles el Pelecinon. Dionisidoro el Cono. Apolonio el faretra. Otros muchos tipos fueron inventados por los referidos y por otros, como son el gonarchen, engonaton y Antiboreo. Muchos también han dejado escrito el modo de hacer estos tipos de relojes para los viajeros, que se pueden colgar (pensili). De los libros de éstos quien quiera puede hacerlos fácilmente, con tan solo que entienda la figura del analema."

Esta es la traducción de Berardo Galiani, publicada en 1790. En esta versión, como en todas aquellas que renacieron y terminan en nuestro siglo, aparecen dos nombres de extraños relojes solares, como "gonarchen" y "engonaton" que parecen haber sido literalmente cancelados en las versiones modernas de "De Arquitectura", a pesar de que nada se sabía sobre la naturaleza de estos instrumentos. Simplemente, los dos términos han sido considerados herencia de los errores de transcripción de los copistas medievales, pero esto no está demostrado y no podrá serlo nunca.

Nuestra opinión es que los dos términos se referían a dos distintos relojes solares de los cuales no sabemos nada, y por otra parte, tampoco nada se sabe del Pelignum,

del cual diremos muy poco, porque le ha tocado la misma suerte. Gracias a la obra de Vitruvio tenemos un cuadro seguramente incompleto, pero suficientemente claro, de los relojes solares comúnmente usados en su época, es decir en torno a la era de Cristo.

Diversos relojes de Sol citados por Vitruvio:

- Hemicyclum (Hemiciclo), Beroso Caldeo
- Scaphen o Hemisphaerium (Excavado o Hemisferio), Aristarco de Samos
- Discum in planitie, (disco sobre un plano) , Aristarco de Samos
- Arachnen, (araña) , Eudoxo el astrólogo
- Plinthium lacunar, (plintio) , Scopas Siracusano
- "Pros ta istoroumena", Parmenión
- "Pros pan klima", Teodosio y Andrés
- Pelecinon, Patrocles
- Conum, (cono) , Dionisidoro
- Pharetram, (faretra) , Apolonio
- Gonarchen ?
- Engonaton ?
- Antiboraem ?
- Viatoria pensilia (colgante de viaje)

Breve descripción de cada uno:

Hemiciclo (Hemicyclium):

Gracias a un importante hallazgo arqueológico en el siglo XVIII, se ha podido no solo aclarar la verdadera naturaleza de este instrumento, sino de demostrar la exacta descripción hecha por Vitruvio, su funcionamiento y su historia.

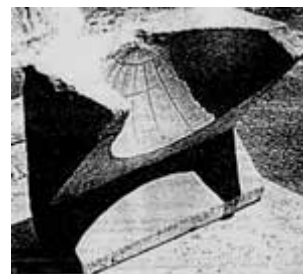


Fig. 6 Hemiciclo encontrado en la Villa Rusinela.

Data del siglo II d. De C.

El primer hallazgo arqueológico de un hemiciclo fue en Italia, por mano del astrónomo

Boscovich, que llegó afortunadamente a tiempo al lugar de las ruinas donde se excavaba, para salvar de la negligencia del hombre el primer reloj de Sol de esta especie y estudiarlo en sus mínimas particularidades. Boscovich publicó un artículo en el "Giornale dei Letterati d'Italia" en 1746. El reloj de Sol fue encontrado cerca de la villa de Rusinela sobre la colina del Tuscolo en Roma y gracias al estudio del astrónomo fue entendida finalmente la frase de Vitruvio "Hemicyclium excavatum ex quadrato, ad enclimaque succisum" (Hemiciclo excavado e inclinado de acuerdo a la latitud del lugar).

Excavado - Hemisferio (Scaphen o Hemisphaerium):

Debe ser el reloj de Sol más antiguo usado en Grecia, del cual Beroso diseñó el hemiciclo. Es una semiesfera excavada en un bloque de piedra. La representación del círculo de la esfera celeste en el interior de la semiesfera, se obtiene por medio de la proyección gnomónica de un ortostilo colocado en el fondo de la semiesfera, cuya extremidad ocupa el centro de "omotetia" o sea el centro de la esfera interna, o bien el centro de la proyección gnomónica. El estilo puede estar colocado horizontalmente, partiendo de uno de los bordes de la semiesfera, siempre y cuando su extremidad ocupe siempre el mismo centro.

Mucho se ha intentado comparar este reloj de Sol con el famoso "polos" de la antigüedad. Pero el término "polos" indica un reloj de Sol con un estilo probablemente apuntando hacia el polo celeste; es uno de los instrumentos de los que no se ha encontrado rastro ni en excavaciones arqueológicas ni en antiguos códigos, salvo en una glosa que se encontró en un código pseudo-Beda del siglo IX, en la que se ve propiamente un hemisferio con el estilo colocado paralelamente al eje terrestre. Con esto, podría reforzarse la hipótesis de que el viejo "polos" no fuese otro que un hemisferio dotado de un asostilo (gnomon orientado al polo).

Disco en un plano (Discum in planitie) :

El trabajo de los intérpretes no ha sido fácil, pero gracias al excepcional hallazgo de una placa de mármol con un reloj horizontal grabado, por el Santo Amendola del siglo XVIII, sobre el Appia antigua, se ha podido medio identificar este reloj de Sol. Se trata de un reloj solar normal, horizontal, con líneas horarias temporales y las curvas del solsticio y el equinoccio.

Continuará en las próximas ediciones

CONJUNTO DE RELOJES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Por Martha Villegas



Al Norte de la ciudad de México está el cerro del Tepeyac, hoy conocido como La Villa de Guadalupe.

Antes de la llegada de los españoles a México, en el cerro del Tepeyac se adoraba a la diosa Tonantzin “nuestra madre” en un santuario con estatuas talladas en piedra.

Se dice que en 1531 en el Tepeyac hizo su aparición la virgen María y a petición de ella fue construido un templo en la cima del cerro. Posteriormente se construyó la nueva Basílica dedicada a la Virgen de Guadalupe (1976).

El cerro del Tepeyac continuó así, siendo lugar de culto donde se fusionaron costumbres prehispánicas con ceremonias cristianas que aún se manifiestan a más de 500 años de la colonización.

Esta pequeña introducción histórica explica la mezcla temática del monumento construido en 1991, frente a la nueva Basílica. El conjunto reúne armoniosamente, objetos que en su iconografía muestran aspectos del conocimiento astronómico de los antiguos mexicanos y de su pasado histórico, tanto como símbolos e instrumentos surgidos después de la llegada de los españoles a México.

Es un monumento en forma de cruz de 23 metros de alto, con un reloj de Sol, dos relojes mecánicos, dos relojes astronómicos, un carillón y la piedra del Sol o calendario azteca



En los extremos de los brazos de la cruz está de un lado la Piedra del Sol o Calendario Azteca y en el otro el reloj de Sol.

La piedra del Sol o Calendario Azteca, copia de una pieza Mexicana labrada en piedra, es un monumento de carácter solar que muestra elementos relacionados con el transcurrir del tiempo y registro de observaciones astronómicas.



El reloj de Sol, (instrumento introducido a México por los españoles), que marca infinitamente el paso del tiempo y el movimiento de los astros, está calculado para una latitud de $19^{\circ} 29' N$ y longitud de $99^{\circ} 06' W$, inclinado al Sur, con números romanos que corresponden a las horas de las 7 de la mañana a las 5 de la tarde y líneas horarias cada 15 minutos.



En la línea de las doce horas tiene un pequeño círculo que cuando la punta de la sombra llega a este punto 2 veces al año, indica que el Sol está justo en el cenit (17 de mayo y 26 de julio).

Tiene 17 líneas de declinación.

En un brazo de la cruz tiene dos relojes mecánicos, unidos por su parte posterior. Uno con números romanos y el otro con números arábigos.

Al centro y en el otro brazo de la cruz tiene el carillón y una rueda de 10 campanas que tocan 23 melodías distintas.

En la parte inferior y central de la cruz tiene dos relojes astronómicos.

Uno con símbolos aztecas de los 2 calendarios utilizados por los mesoamericanos, el solar y el ritual. Las manecillas en azul son: una lunar que indica los eclipses de Sol y la otra de

Venus que indica si el astro está a la derecha o izquierda del Sol.



En la parte posterior está el otro reloj astronómico con imágenes de la virgen de Guadalupe y de Fray Juan de Zumárraga contemplando el milagro que se dice ocurrió a Juan Diego. La carátula tiene las 24 horas del día, un círculo con los 12 signos del zodiaco en el que la posición de la manecilla solar indica la constelación que atraviesa el Sol, además de la altura solar en las diferentes épocas del año. Otras 2 manecillas muestran las fases de la Luna y los eclipses.



Esta obra no tiene información sobre sus constructores, pero gracias a las investigaciones de los gnomonistas Reinhold Kriegler de Alemania y Fer de Vries de Holanda ahora sabemos que fue fabricado por la compañía Royal Eijsbouts de Holanda (<http://www.eijsbouts.com>) a petición del arquitecto Pedro Ramírez Vázquez, quienes tuvieron que haberse documentado ampliamente para lograr esta representación simbólica de la manifestación de dos culturas en un mismo sitio, a través de un conjunto de instrumentos para la medición del tiempo e indicadores del movimiento de los astros.

Como dato adicional, la Villa de Guadalupe es visitada por millones de personas que pasan frente a este complejo monumental y los relojes permanecen aún en excelentes condiciones.

© Martha Villegas 2003

VISITANTES GOMÓNICOS EN MALLORCA

Por Joan Serra Busquets

A finales de Julio, después de una larga travesía por las bravas aguas del mediterráneo, llegaron a la Isla de la Calma nuestros amigos Antonio Cañones y su esposa Elena. En principio sólo era una parada técnica para continuar rumbo a Menorca pero eso no nos privaría de un encuentro rápido pero intenso, a la espera de otro encuentro más tranquilo y relajado que debería producirse a su regreso de la tierra Menorquina, a los pocos días.

La mala fortuna (siempre al acecho) quiso que Elena se fracturara un pie y el breve encuentro se convirtió en horas hospitalarias en busca de remedio y consuelo. Ante tal revés tuvieron que

dar por terminado su periplo vacacional teniendo que regresar, por prescripción facultativa, a tierras Murcianas.

La fortuna (a veces también al acecho) quiso que no hubiera vuelos disponibles hasta el día siguiente lo cual nos permitió una tarde gnomónica después de una merecida comida en un típico restaurante.

A la mañana siguiente, camino al aeropuerto, tomamos esta foto en el incomparable marco de Camp de Mar sobre el reloj Bifilar de Rafael Soler, para que quedara constancia del encuentro.



Carpe Diem

Nº 6 Edición trimestral

Revista de gnomónica

Septiembre 2003

La primera revista digital de gnomónica en español
Joan Serra Busquets

POEMA GNOMONICO

Por Antonio Barceló

AMIGO DEL SOL

Su corazón de luz es infinito,
tiene vara de mando y remos largos,
paciencia en los momentos más amargos
y un alma totalmente de granito.

Su aspecto original, muy exquisito;
permanece en vigilia, como un Argos;
siempre dispuesto a ser en sus encargos
atento, puntual y gratuito.

Se le ve bien sentado en los jardines,
en los parques, fachadas y azoteas,
y eternamente ajeno a los maitines;

es un vestigio en pueblos y en aldeas,
de utilidad en todos los confines:
¡reloj de sol de todas las maneras!.

© Antonio Barceló R. 2003