

*No creas en el tiempo y cree en el
ahora, que es lo único que sabes
con certeza.*

Equinoccio de otoño
Día 22 de Septiembre a las
21:19 U.T
El sol entra en Libra

No hay eclipses previstos para este trimestre.

SUMARIO DE LA EDICIÓN DE SEPTIEMBRE 2009



Relojes proyectivos (VI). De Francesc Clarà
Construcción del reloj de Vaulezard, más conocido como reloj analemático.

Reloj de Regiomontano. De Luís Hidalgo
Descripción construcción y uso de l cuadrante de altura denominado de Regiomontano.

Relojes cilíndricos. De Joan Serra.
Construcción de un reloj en el interior de un cilindro polar.

Reloj de sol en la mano. De Antonio Cañones.
Descripción de un reloj de sol en la mano publicado en el Reader's Digest en 1950

Varios relojes de sol en Cataluña. De Joan Serra
Relojes de Cataluña encontrados al paso en un breve viaje no gnomónico.

Reloj de sol en Zuriain. De Miguel A. Bretos
Historia del hallazgo de un reloj en Zuriain.

El túnel de Valdealgofa (II). De Rogelio Meléndez.
Análisis afinado para el evento de los días 16 y 17 de Septiembre.

Reloj bifilar en la UIB. De Rafael Soler
Descripción y modo de ller la hora en el reloj bifilar de la Universitat de les Illes Balears.

Poema gnomónico. De Antonio Barceló
Una vez más nuestro poeta gnomónico particular nos deleita con un nuevo poema.



TALLER DE BRICOLAJE

Relojes Proyectivos (6)

Por Francesc Clarà

Continuando con el tema de los “relojes proyectivos”, en el presente artículo describiré el reloj llamado de Vaulezard, más conocido como reloj horizontal analemático.

Actualmente es fácil encontrar este tipo de relojes como adorno de plazas o espacios públicos y están diseñados de tal forma que la persona que los consulta, situándose en un lugar determinado de su superficie según sea la época del año, hace la función de gnomon y señala la hora con su propia sombra.

La teoría de estos relojes analemáticos la presentó por primera vez el matemático francés Jean-Louis Vaulezard en un modesto opúsculo editado el año 1640.

En 1644 amplió su descripción en un libro, editado en París, titulado “Traite de l’origine, démonstration, construction et usage du cadran analemmatique”.

En realidad este nuevo reloj es un miembro más de la numerosa familia de los llamados “relojes proyectivos”. En este caso se ha elegido el Cenit como dirección de proyección (**DP**) y su plano de proyección (**PP**) coincide con el horizonte local o plano horizontal.

En el dibujo de la **Figura 1** podemos comprobar que, en esta proyección, la circunferencia ecuatorial se transforma en una elipse cuyo eje mayor, orientado de Este a Oeste, es igual al diámetro de la circunferencia que la circunscribe y cuyo eje menor, orientado de Norte a Sur, varía de acuerdo con la ecuación:

$$\text{Semieje menor} = R \cdot \sin \phi$$

de la que se deduce que la excentricidad y la forma de la elipse que configura este tipo de relojes viene determinada por la latitud del lugar para el cual han sido calculados.

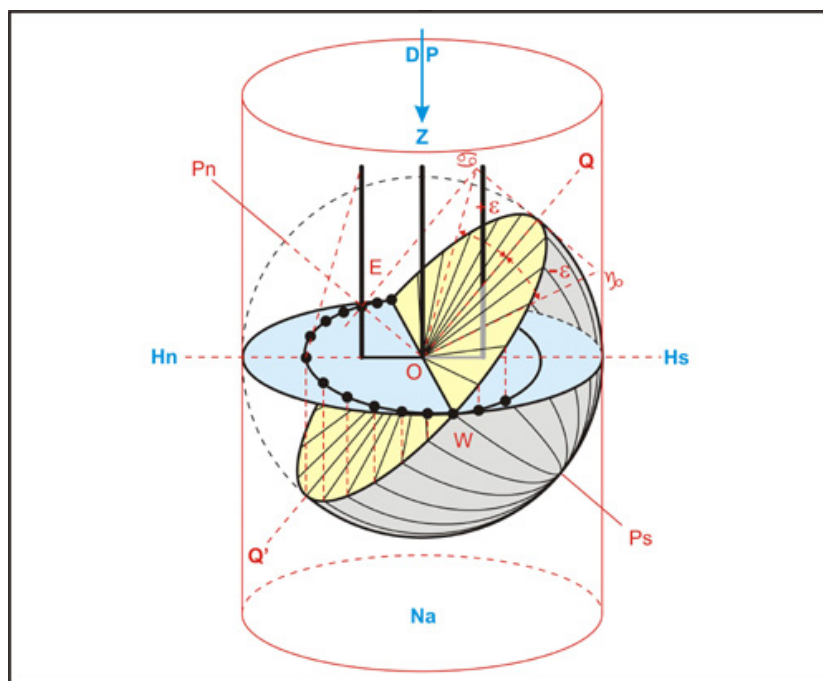


Figura 1

Así, en el caso extremo de un reloj analemático de Vaulezard calculado para los polos ($\phi = 90^\circ$) la elipse se expandiría hasta transformarse en una circunferencia y el resultado equivaldría a un reloj ecuatorial normal.

Y en el extremo opuesto, un reloj analemático de Vaulezard calculado para el ecuador ($\phi = 0^\circ$) la elipse se contraería hasta convertirse en una única línea recta y el resultado equivaldría a un reloj lineal como el descrito en el primero de esta serie de artículos dedicados a los relojes proyectivos.

Pero Vaulezard describe también un reloj analemático proyectado sobre un plano vertical ortomeridiano (**PP**) tomando en este caso como dirección de proyección (**DP**) el Horizonte Sur.

En la **Figura 2** he dibujado la proyección geométrica de este reloj vertical en el que también la circunferencia ecuatorial se transforma en una elipse cuyo eje mayor, orientado de Este a Oeste, es igual a la circunferencia que la circunscribe y cuyo eje menor, orientado en este caso del Cenit al Nadir, varía de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Semieje menor} = R \cdot \cos \varphi$$

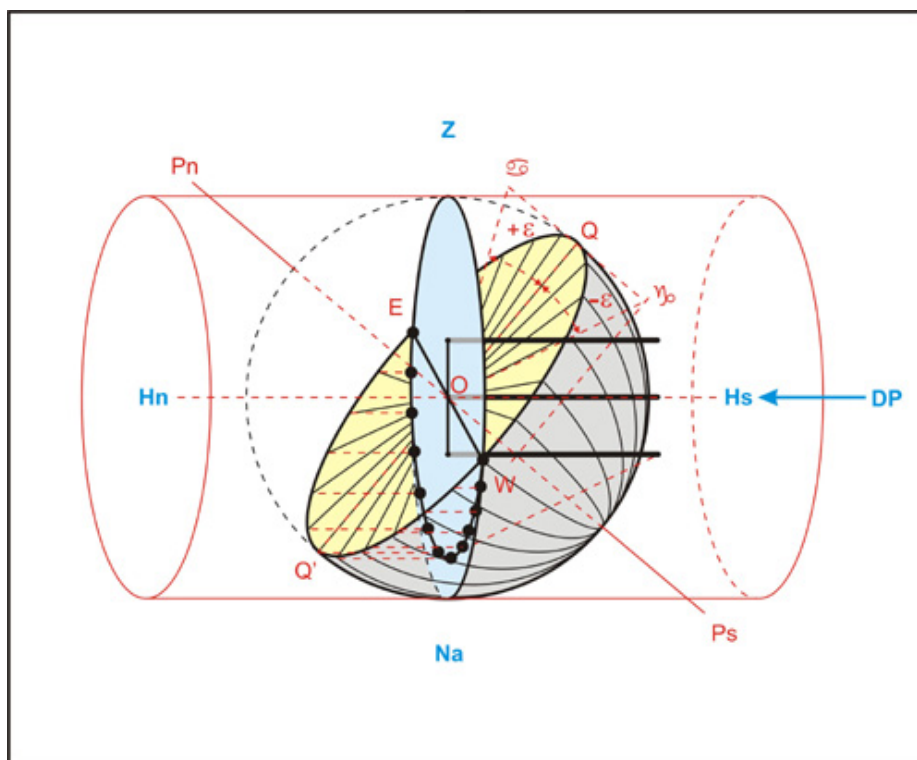


Figura 2

Las fórmulas matemáticas para el cálculo de estos dos relojes las he agrupado en el recuadro de la **Figura 3**.

ANALEMATICOS DE VAULEZARD	
Horizontal	Vertical
DP = Dirección de proyección = Cenit.	DP = Dirección de Proyección = Horizonte Sur.
PP = Plano de proyección = Horizonte local.	PP = Plano de proyección = Vertical ortomeridiano.
Inclinación de gnomon = Perpendicular al horizonte	Inclinación del gnomon = Perpendicular al vertical.
Oh = Escala horaria = Sobre la elipse, según el acimut real (ac) en los equinoccios = $\text{tg}(\text{ac}) = \text{tg} H / \sin \varphi$	Oh = Escala horaria = Sobre la elipse, según el acimut real (ac) en los equinoccios = $\text{tg}(\text{ac}) = \text{tg} H / \cos \varphi$
Of = Escala de fechas = $R \cdot \text{tg} \delta / \cos \varphi$	Of = Escala de fechas = $R \cdot \text{tg} \delta / \sin \varphi$
L = Largo gnomon = $R \cdot \cos(\varphi - \epsilon) / \cos \epsilon$	L = Largo gnomon = $R \cdot \sin(\varphi + \epsilon) / \cos \epsilon$
Como en los artículos anteriores, en estas fórmulas: R = Radio del círculo que contiene el reloj. H = Ángulos horarios ecuatoriales (15°, 30°, 45°, 60°, 75°, etc.) φ = Latitud local. ϵ = Oblicuidad de la eclíptica = 23,44° δ = Declinaciones solares (23'44°, 20'15°, 11'48°, etc.)	

Figura 3

En la **Figura 4** muestro los dibujos de dos relojes analemáticos de Vaulezard, uno horizontal y otro vertical, calculados para la latitud de Olot ($\varphi = 42^\circ 11' N$).

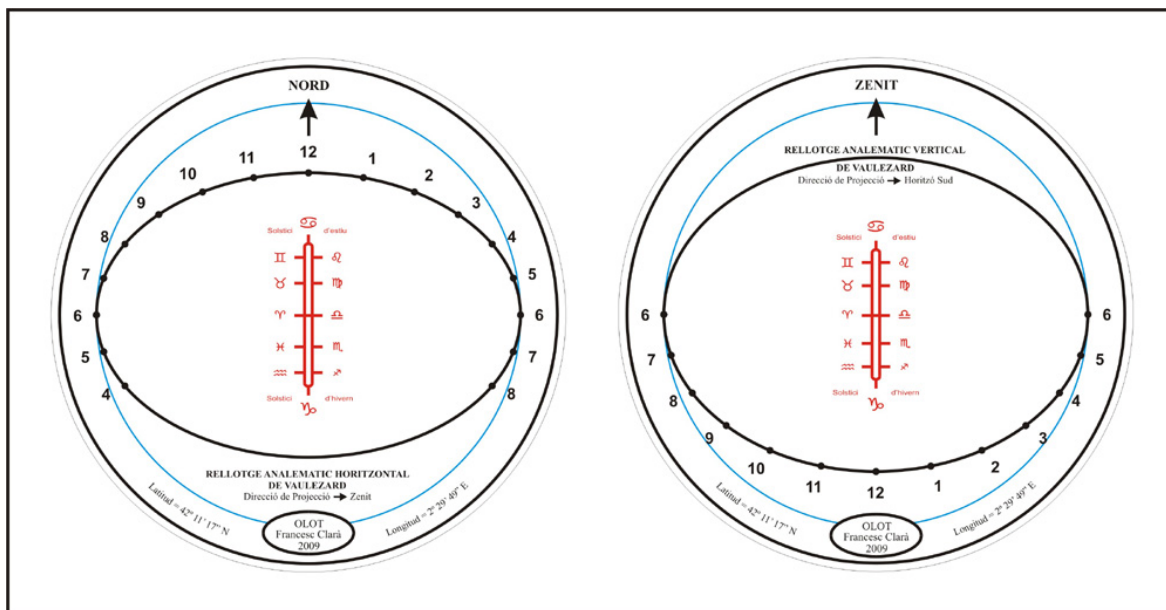


Figura 4

A partir de ellos he construido las dos maquetas que podéis ver en las fotografías de las **Figuras 5 y 6**. Estas fotografías fueron tomadas el día 21 de Agosto a las 11 horas de la mañana, horario solar.

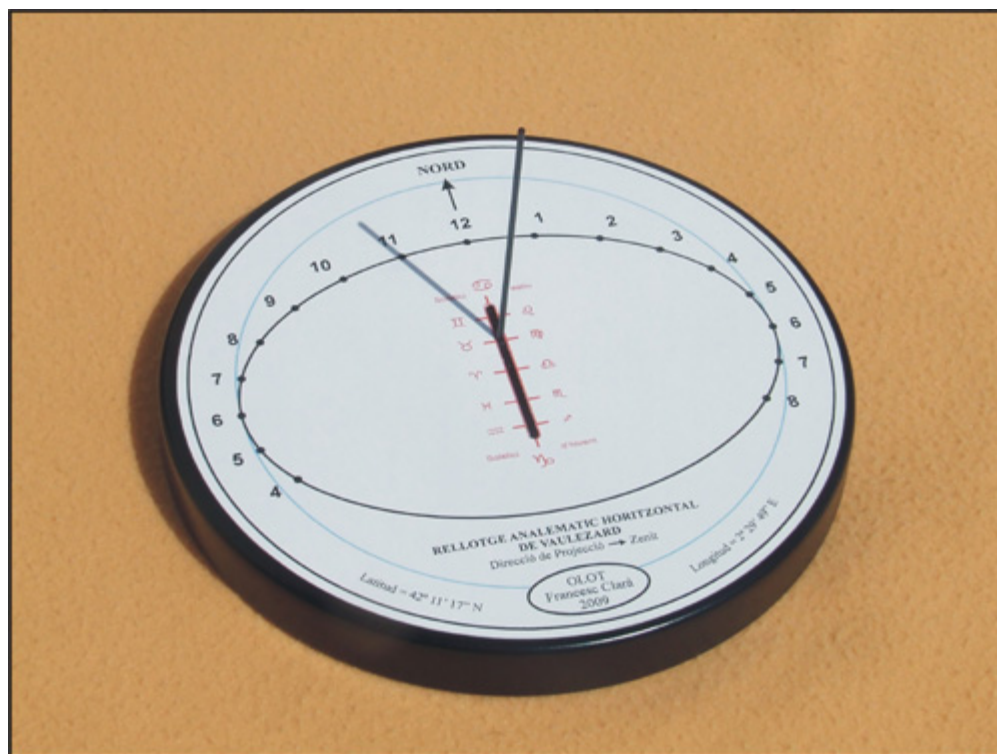


Figura 5



Figura 6

Naturalmente en el reloj analemático vertical sería difícil que una persona sustituyera el gnomon tal como es costumbre hacerlo en los relojes analemáticos horizontales, salvo que esta persona tuviera los poderes de Spiderman.

Y aquí termino el Taller de Bricolaje del presente número de Carpe Diem. En próximos artículos continuaré con el tema. Como siempre, confío que estos nuevos relojes proyectivos comentados hoy hayan sido de vuestro agrado.

Llegados a este punto, debo confesar que siempre me ha intrigado el calificativo de “reloj analemático” usado para designar estos relojes interactivos que, afortunadamente, cada vez con mayor frecuencia podemos admirar en espacios públicos o patios de escuelas y en los que, como ya hemos dicho, la persona que los consulta hace la función de gnomon señalando la hora con su propia sombra.

Bien es verdad que en alguno de ellos, más por razones estéticas que por justificación gnomónica, se incluye el dibujo de la analema. Ya sabemos que en esta clase de relojes, la utilidad práctica de la famosa curva (salvo para el mediodía), es más que discutible y en todo caso no es en absoluto necesaria para su cálculo teórico.

Entonces, ¿cómo se justifica llamarlos relojes analemáticos?

Solo por curiosidad, he aquí el resultado de mis averiguaciones:

Analemma (ανalemma) es una antigua palabra griega que etimológicamente significa apoyo o pedestal de alguna cosa y que al serlo muchas veces de un reloj de sol, con el paso del tiempo llegó a significar el propio reloj de sol en sí mismo.

Por la traducción de sus escritos al latín, sabemos que Ptolomeo utilizaba la palabra analemma para designar la representación gráfica de la esfera celeste proyectada perpendicularmente sobre el meridiano del observador, situado este a una distancia infinita al Este o al Oeste del horizonte. Ptolomeo empleaba esta representación para calcular la posición del sol a diferentes horas del día y para resolver el problema inverso (dada la posición del sol, calcular la hora), que comprende como casos particulares las horas de salida y puesta del mismo.

Mas tarde, Vitruvio da el nombre de analemma a un instrumento astronómico arreglado según el curso del sol, en el cual la longitud de la sombra proyectada al mediodía por un gnomon vertical, señalaba los meses del año o signos del zodiaco.

En la Edad Media, la palabra analema se aplicaba al procedimiento geométrico usado para el cálculo de los relojes de sol en general, procedimiento que también se utilizó para la construcción de las grandes meridianas trazadas en el suelo de muchas catedrales, en las que el punto luminoso proyectado por el sol

sobre una tira de mármol señalaba con precisión las fechas a lo largo del año, en especial los solsticios y equinoccios.

En algún diccionario antiguo he comprobado que, posteriormente, ciertos autores definían los relojes analemáticos como una clase especial de relojes de sol cuyos gnómones se desplazan a lo largo de una escala de fechas. Creo que esta es la definición que más se ajusta al sentido que aun hoy damos a la expresión “analemáticos” referida a los relojes de sol de Vaulezard.

Actualmente utilizamos la palabra analema para nombrar la curva en forma de ocho que, durante el curso del año, representa gráficamente las variaciones del horario solar verdadero con relación a nuestro horario promedio civil aunque, según la geometría, a esta curva deberíamos llamarla lemniscata, palabra latina que significa cinta o lazo.

Como veis, en el transcurso del tiempo, las palabras analema y analemático, han tenido diferentes significados, aunque todos ellos referidos siempre a conceptos relacionados con la Gnomónica o la Astronomía.

Francesc Clarà, d'Olot



CUADRANTE DE ALTURA DENOMINADO “REGIOMONTANO”

Por Luís Hidalgo

El cuadrante solar llamado Regiomontano es un magnífico reloj de altura de aplicación universal, de gran mérito si consideramos la época de su aparición (finales de la edad Media y principio del Renacimiento), máxime si se tiene en cuenta el nivel de desarrollo matemático existente en aquellos días.

Algunas fuentes sitúan su aparición en el siglo XIV, otras en el XIII, incluso se admite que es una evolución del “Capuchino”, pero de lo que no cabe duda es de que fue Regiomontano quien lo describió y divulgó.

Personalmente, este cuadrante me llama la atención por varios motivos: lo poco o nada intuitiva que resulta su utilización, la precocidad de su aparición, la universalidad de su aplicación, y el gran desarrollo matemático que representa su diseño.

Sin duda alguna es el fruto de un chispazo de ingenio, pero basado en un profundo conocimiento de la astronomía y las matemáticas.

Notas biográficas de Regiomontano

Se llamaba John Müller, nació cerca de Königsber, actual Kaliningrado (Rusia) en el año 1436. Conocido por el nombre de Joannis de Monte Regio que luego se convertiría en Regiomontano, fue una importante figura dentro de la generación de humanistas que inició el pensamiento científico del Renacimiento.

Estudió matemáticas y astronomía en las universidades de Leipzig y Viena y colaboró junto con su maestro Peurbach en la traducción de las obras de Ptolomeo, especialmente del Almagesto.

Se traslada a Roma acompañando al cardenal Besarión, arzobispo de Nicea, donde aprendió el griego. Tras su regreso a Nuremberg se asoció con su íntimo y rico amigo llamado Bernard Walther, quien puso a su disposición un observatorio astronómico, un taller, una biblioteca y una imprenta. En colaboración con su amigo describió el *Cometa de Enero* en el año 1472, que 270 años más tarde fue identificado por Halley como el cometa que hoy lleva su nombre.

Fue el autor del libro *De triangulis omnimodis* en 1476 en el que la trigonometría adquiere una especial relevancia y de *Ephemerides ab anno 1475 ad Nahum 1506*, completadas por su amigo Walther después de su muerte.

Publicó en 1473 el *Calendarium Novum*. El Papa Sixto IV le llamó a Roma para tratar de su nuevo calendario. Como consecuencia de este viaje escribió *Reformatione Calendarii*, un pequeño opúsculo que se publicó en 1476, en Roma, después de su muerte.

El opúsculo no tuvo aceptación en cuanto a la reforma del calendario, que finalmente se llevó a cabo con el Papa Gregorio XIII, en el año 1582.

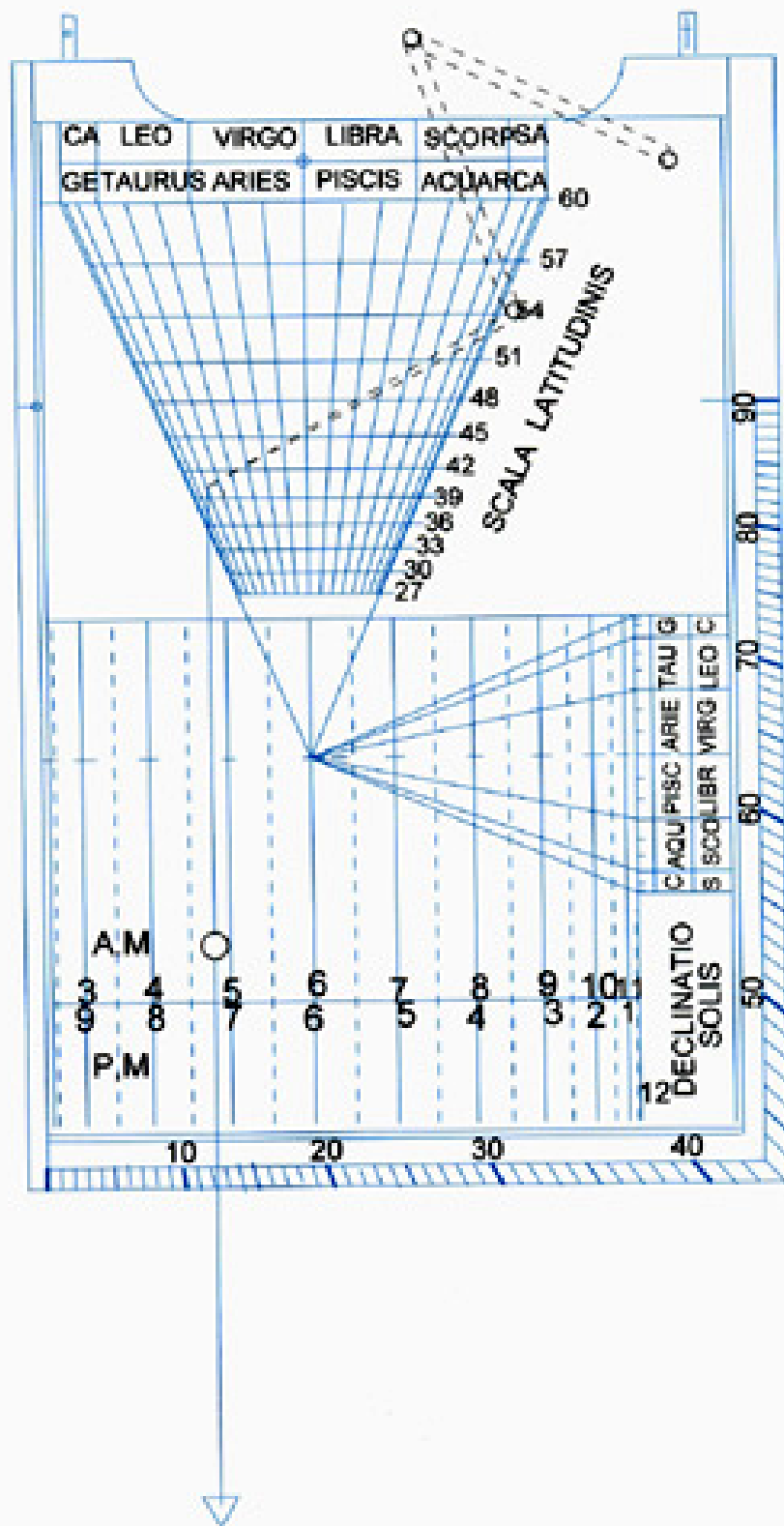
Sin embargo, para los gnomonistas, tiene un gran interés porque en él figura el dibujo del reloj de alturas universal, de ingenioso trazado, que permite averiguar la hora en cualquier latitud y en cualquier día del año.

En el dibujo original falta el braquiolo, el perpendicular y la plomada y las latitudes están comprendidas entre 39° y 54°, con pasos de 3 grados. La carencia de las clásicas pínulas para la toma de la altura solar, la compensa con otro ingenioso artificio que después se comentará en la “descripción del uso del instrumento, según la versión original”. Tampoco se comenta el trazado de las líneas horaria

Descripción del cuadrante

Se trata de una placa rectangular, que en su parte superior lleva las pínulas para la toma de la altura solar; también en esta parte superior, se aplica un pequeño brazo articulado, el conocido como braquiolo, formado por tres piezas articuladas con remaches, que actúan por fricción y que sirve para colocar el perpendicular en el punto que corresponde a la latitud en el que el observador se encuentra y a la declinación del día de observación.

El hilo de la plomada lleva una perla deslizante.



Sobre las 6 AM y 6 PM salen dos trógonos zodiacales que se cortan perpendicularmente, uno hacia la parte superior y otro sobre la parte derecha de la placa, teniendo divisiones cada 10 días.

En el trógono superior existen unos trazos que corresponden a las latitudes, expresión de las tangentes trigonométricas de aquellas y que en este cuadrante empiezan en la latitud de 27° y llegan hasta los 60°, con pasos de tres grados.

En la parte inferior están grabadas rectas paralelas, que representan el coseno del ángulo horario y están numeradas, como se aprecia en la figura.

Rodeando al trazado por su parte inferior y derecha, existe una escala auxiliar de altura dividida en grados, con pasos de un grado y que va desde 0° hasta 90°; estas escalas no son necesarias para averiguar la hora, pero sirven para verificar la precisión.

Se observará que el trazado no tiene simetría, lo cual se debe a que la latitud superior está limitada a 60° y no a los clásicos 66.56° del Círculo Polar Ártico, con los que el trazado sería simétrico. También se nota la dificultad de lectura en las horas centrales del día.

Utilización

Se va a hacer uso del cuadrante con un ejemplo.

Se quiere usar en un punto cuyas coordenadas geográficas son: latitud $\phi = 40,7^\circ$ N y longitud $\lambda = 3,68^\circ$ W, en una tarde del 22 de Julio, en que la declinación solar es de $20,15^\circ$, precisamente cuando el Sol entra en el signo zodiacal de Leo.

En primer lugar moveremos el braquiolo, de tal modo que su extremo libre caiga sobre el punto de intersección de la latitud correspondiente a $40,7^\circ$ con la entrada del signo de Leo en el trigono zodiacal superior.

A continuación se debe llevar el hilo de la plomada, hasta que toque al punto correspondiente de la entrada de Leo, en el trigono zodiacal de la derecha, en cuyo punto se colocará la perla deslizante.

Una vez que se han cumplido estas dos operaciones previas, se enfilará al sol a través de las pinulas, momento en que el perpendicular estará en posición vertical gracias a la plomada y la perla señalará las 4h 28m PM.

Si se quiere saber la altura solar en ese momento, se enganchará el hilo del perpendicular en el orificio que hay en la parte izquierda y se enfilará de nuevo al Sol, dándonos una altura de 30° .

Análíticamente se comprueba mediante la formula:

$$\cos t = \sin h - \sin \phi \sin \delta / \cos \phi \cos \delta$$

sustituyendo los valores $h = 30^\circ$, $\phi = 40,7^\circ$ y $\delta = 20,15^\circ$, se tiene que:

$$t = 67.23^\circ / 15 = 4h\ 28m\ PM.$$

Uso del cuadrante según versión Regiomontano

(Traducción del original “De noticia horarium equinoctialium”)

Como conocer la hora equinoccial

Por medio del cuadrante inserto en este librito, podrás encontrar fácilmente las horas del día, en cualquier lugar, si primero examinas cuidadosamente el uso de las partes de este instrumento.

Existe una escala de latitudes limitada por líneas convergentes hacia la línea donde se encuentran los signos del zodiaco. A su derecha están situados los valores, que corresponden a diversas alturas del Polo (latitudes)

En la parte estrecha inferior se encuentran los signos del Zodiaco, que se distinguen por sus iniciales convenientemente anotadas. Su separación se prolonga por medio de las líneas inclinadas que los proyectan hacia fuera. En la escala vertical inferior las horas tienen una doble numeración, la superior es de las horas antemeridianas y la que está debajo corresponde a las horas postmeridianas.

Junto a la línea del extremo derecho, que representa las XII horas, se encuentra una pequeña escala con los signos indicados por su inicial y que están separados por intervalos de diez grados. Estos otros signos del Zodiaco son también necesarios, y a cada uno de ellos le llamaremos medio día zodiacal.

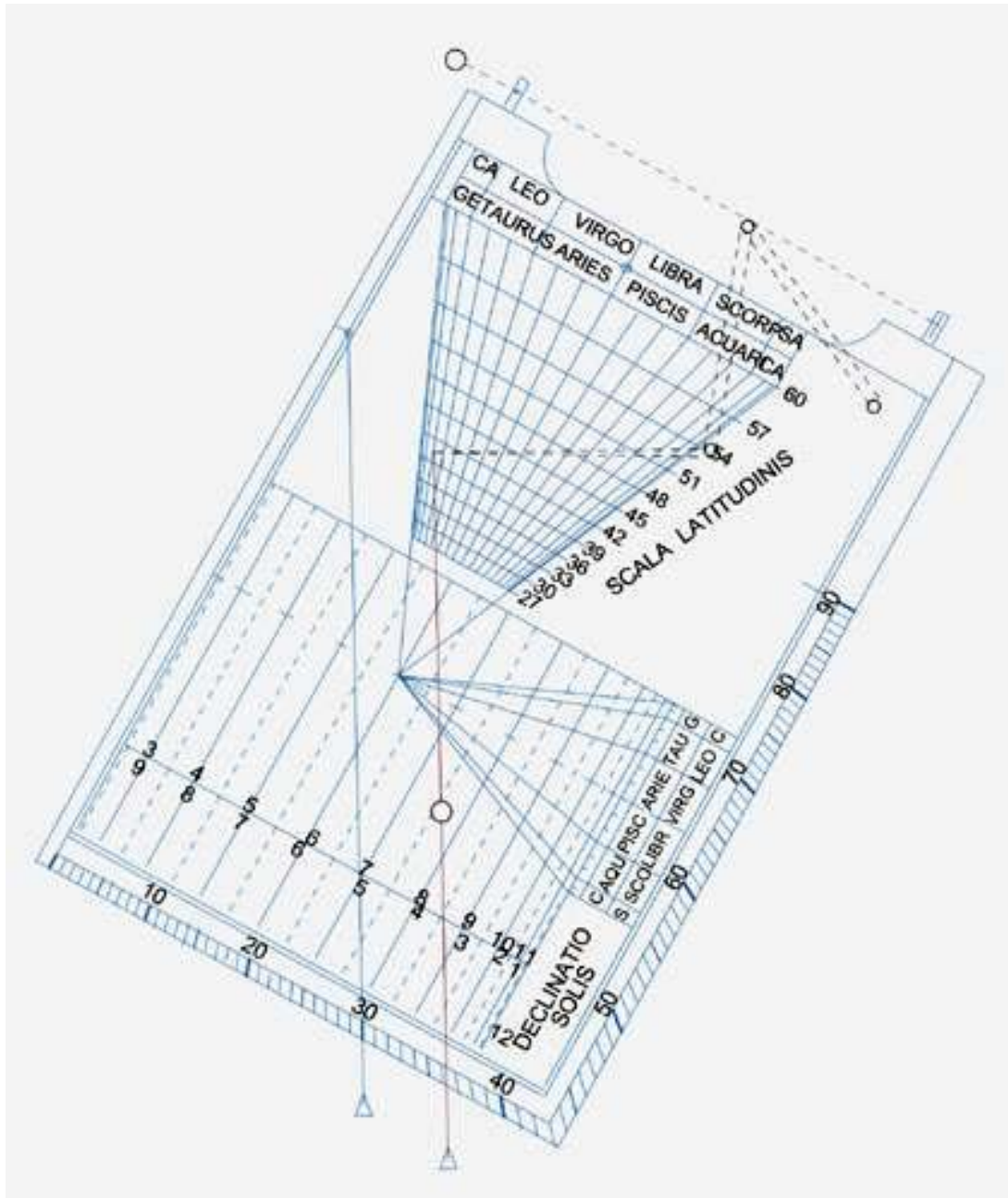
Coloca en su sitio el brazo móvil de cuyo extremo pende un hilo con un nodo (perla). A continuación, en la izquierda de la línea superior del instrumento, fija algo que pueda dar sombra, como un grano de cera, un nodo o algo parecido (sustitución de las pinulas).

Averigua diligentemente en que lugar y signo del Zodiaco (latitud y época del año) te encuentras.

Coloca con la mano el extremo del brazo en el lugar correspondiente a tu latitud y signo y lleva el hilo de la plomada a la escala de “mediodías zodiacales y ajusta el nódulo (perla) de la plomada al grado que corresponda.

Así dispuesto el instrumento debes inclinarlo y oponerlo al Sol de manera que la sombra del grano de cera se proyecte siguiendo la primera línea. (Línea de sombra)

Entonces la posición del nódulo entre las líneas horarias indicará la hora



Si el hilo de la plomada arranca en la correcta posición de latitud y fecha y el cuadrante se mantiene vertical, el perpendicular marcará la hora del orto y ocaso para ese día, sin hacer ninguna operación adicional. En el ejemplo está marcando las 4h 50m AM para el orto y 7 h 10m PM para el ocaso.

Analíticamente la hora del orto viene dada por $12h - t$.

Se aplica la fórmula $\cos t = -\tan \varphi \tan \delta$

Donde $\varphi = 40,7^\circ$ y $\delta = 20,15^\circ$

$t = 108,4 / 15 = 7h\ 13m$

por lo que el orto será a las $12h - 7h\ 13m = 4h\ 47\ AM$ y el ocaso a las $7h\ 13m\ PM$.

Justificación

En el triángulo rectángulo DCO

$OA = 1$, $DC = \tan \varphi \tan \delta$

$\angle OAC = \varphi$, $OD = \tan \varphi / \cos \delta$

$\angle DOC = \delta$, $OC = \tan \varphi$

En el triángulo rectángulo DOB

$$OB = 1 / \cos \delta, OD = \operatorname{tg} \varphi / \cos \delta$$

$$DB^2 = DO^2 + OB^2 = 1 / \cos^2 \delta + \operatorname{tg}^2 \varphi / \cos^2 \delta; DB = 1 / \cos \varphi \cdot \cos \delta$$

$$DB = DE;$$

$$> FDE = h \quad FE = DE \cdot \operatorname{sen} h = \operatorname{sen} h / \cos \varphi \cdot \cos \delta$$

$$FE = FG + GE = DC + GE = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta + \cos t;$$

Luego:

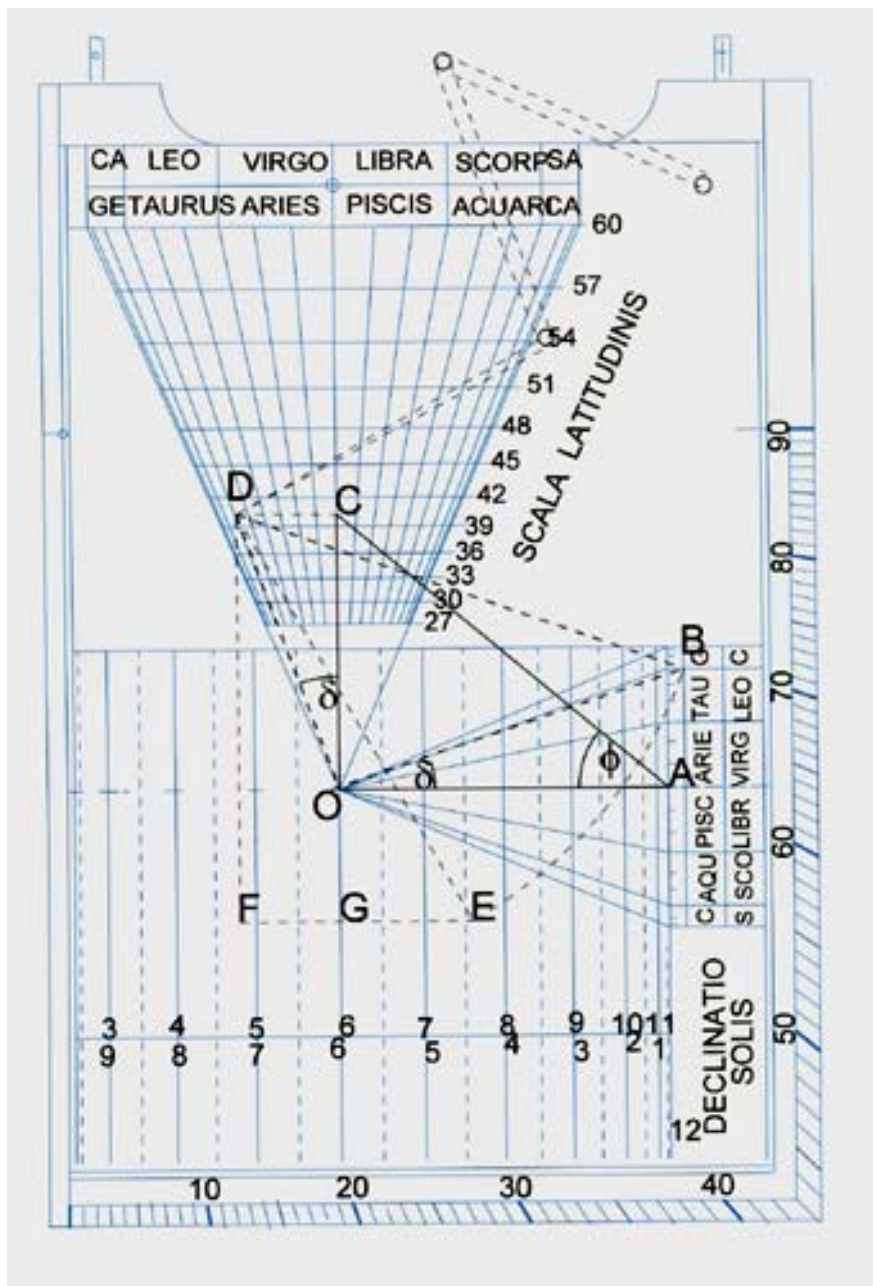
$$\operatorname{sen} h / \cos \varphi \cdot \cos \delta = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta + \cos t;$$

operando se llega a la fórmula:

$$\operatorname{sen} h = \operatorname{sen} \varphi \cdot \operatorname{sen} \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

Fórmula, basada en el teorema del coseno en el triángulo esférico de posición y en el que se conoce la latitud, ya que es universal, y la declinación del sol en cada día del año.

La obtención de la hora está determinada por la altura solar, dato que se obtiene al visualizar al Sol.



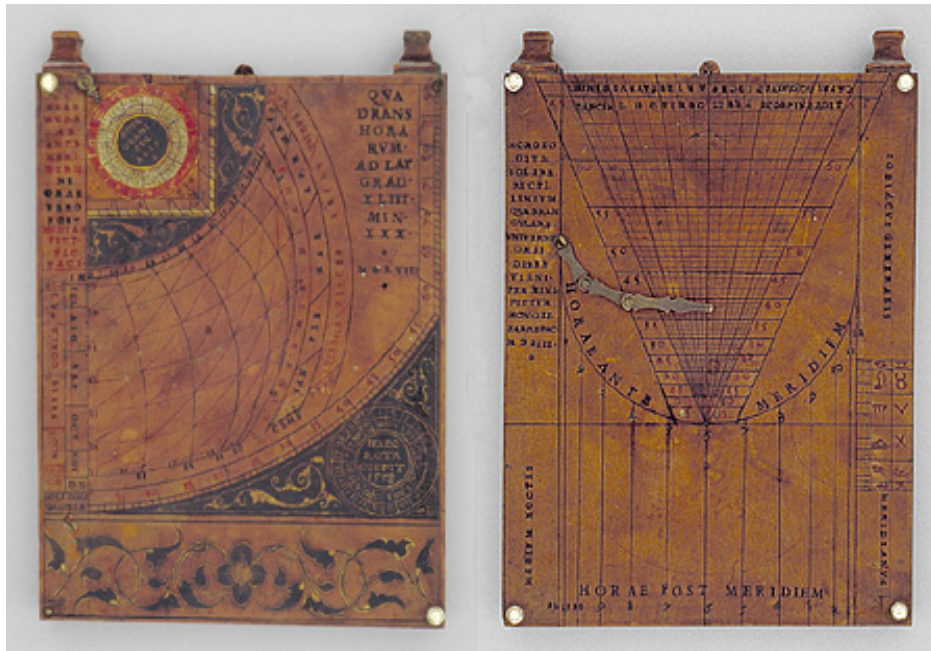


Imagen tomada de: <http://www.mhs.ox.ac.uk/sphaera/index.htm?issue8/articl3>

Bibliografía

El calendarium novum. Regiomontano Anno 1482 Idus 5 Augusti □enteéis
 El cuadrante universal de Regiomontano. M. Lombardero Analema N°15
 Regiomontano. R J-Rohr Les cadrans solaires 1986
 Orologio solare d'altezza detto "Regimontanus" orologi salari. G Fantoni
 De Regimontanus Diseño y construcción de Relojes de Sol. R. Soler
 Regiomontanus:Johann Müller aus Könisberg in Franken A Ziegler 1967



Imagen tomada de
http://es.wikipedia.org/wiki/Johann_M%C3%BCller_Regiomontano

RELOJES CILÍNDRICOS

Por Joan Serra Busquets

Habitualmente hablamos de relojes solares planos, sin embargo, no son los únicos relojes posibles ya que, en realidad, un reloj de sol puede proyectarse sobre cualquier superficie.

Las superficies de revolución, especialmente el cilindro y el cono, por ser desarrollables, ofrecen posibilidades muy atractivas y todavía poco exploradas.

En este artículo y en siguientes, hablaremos de las posibilidades gnomónicas de estos cuerpos explicando algunas posibles construcciones empezando por los relojes cilíndricos por su fácil desarrollo y manejo. En principio se explicará la construcción de relojes de pequeño tamaño, maquetas, si se quiere, con objetos fáciles de encontrar ya fabricados, aunque es cierto que para algunos de ellos si se quieren construir a escala mayor puede ser dificultoso encontrar y trabajar los materiales adecuados.

Vamos a hablar de relojes cilíndricos de planos horarios, dejando de lado los relojes de pastor y los anulares cuyo fundamento se basa en la altura solar y que ya son conocidos por la mayoría de los lectores.

Todos conocemos el llamado ecuatorial cilíndrico, aunque personalmente prefiero llamarlo polar cilíndrico, cuyo gnomon es el mismo eje del cilindro y cuya orientación es Norte – Sur inclinado según la latitud del lugar. Normalmente se trata de un semicilindro.

Nuestro reloj de hoy se trata de un cilíndrico también orientado en la dirección Norte- Sur, también inclinado según la latitud del lugar, cuyo gnomon se materializa en un pequeño agujero sobre la generatriz superior meridiana. Este agujero es perpendicular al eje del cilindro y proyectará el rayo de luz en el interior del mismo donde habremos trazado las líneas horarias y de fecha de la siguiente manera:

Como los planos horarios giran alrededor de una generatriz del cilindro, que por definición es paralela a su eje, y éste a su vez es paralelo al eje del mundo, las líneas horarias resultantes serán rectas paralelas, como lo son en el polar cilíndrico habitual, pero con la diferencia de que en nuestro caso al ser ángulos inscritos abarcan un arco que es, como se sabe, el doble de su ángulo. En consecuencia, nuestro reloj sólo puede abarcar 12 horas y, por tanto, dividiremos el desarrollo del cilindro en 12 partes si solamente queremos inscribir las horas, o en 24 si también deseamos incluir las medias. Fig. 1

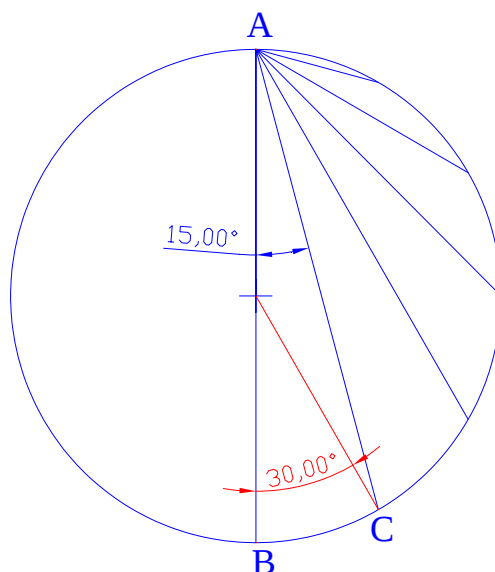


Fig. 1

Desarrollado el cilindro con las líneas horarias numeradas convenientemente ya tendremos el reloj listo. La unión de las líneas horarias 6-6 en la parte superior del cilindro es la que albergará el agujero gnomónico.

Si queremos incluir las curvas zodiacales podemos hacerlo gráficamente o analíticamente.

Método gráfico

Construiremos un triángulo de la siguiente forma. Fig. 2

Se dibuja una circunferencia de radio el del cilindro y se traza el diámetro AB.

Desde A se tiran líneas cada 15°, A1, A2, A3, A4 y A5 cuyas distancias se trasladan sobre el diámetro AB resultando los puntos 7, 8, 9, 10, 11.

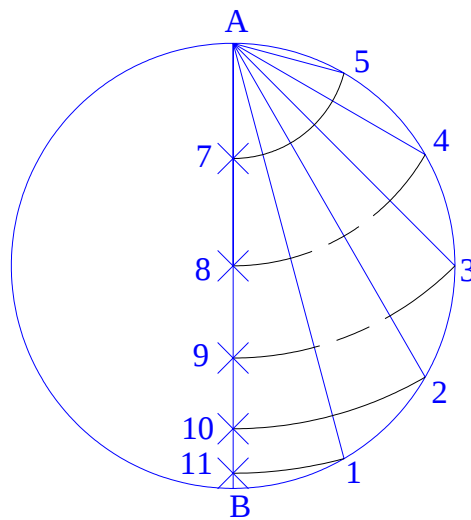


Fig. 2

Una vez marcados los puntos tiraremos desde A dos líneas con un ángulo de $23,44^\circ$ a cada lado de AB y en su interior otras dos de $11,33^\circ$ y $20,16^\circ$ con lo que quedará construido el triángulo. Fig. 3

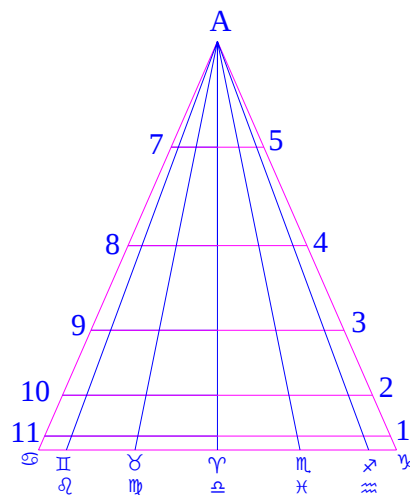


Fig. 3

Desarrollado el cilindro con sus doce divisiones que serán las líneas horarias y la equinoccial, que será el desarrollo de la circunferencia que pase por el agujero gnomónico, colocaremos el triángulo de tal forma que la línea equinoccial del triángulo se sitúe sobre la equinoccial del reloj y la línea 5-7 quede superpuesta

sobre la línea horaria de las 5 y sobre ésta marcaremos puntos por donde las zodiacales del trígono la corten. Figura 4.

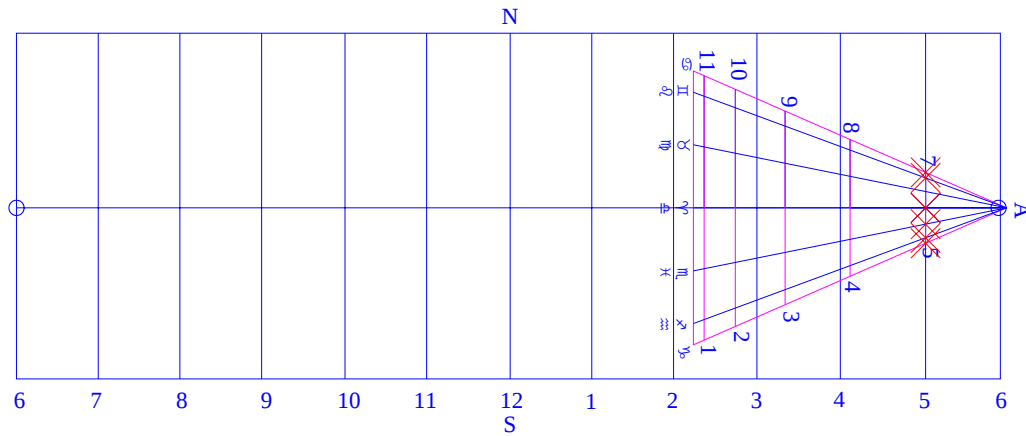


Fig. 4

Repetiremos el procedimiento superponiendo sobre cada línea horaria la recta del trígono correspondiente a esta hora y marcando los puntos de las intersecciones de las zodiacales con la horaria. Al final tiene que quedar un dibujo como el de la figura 5.

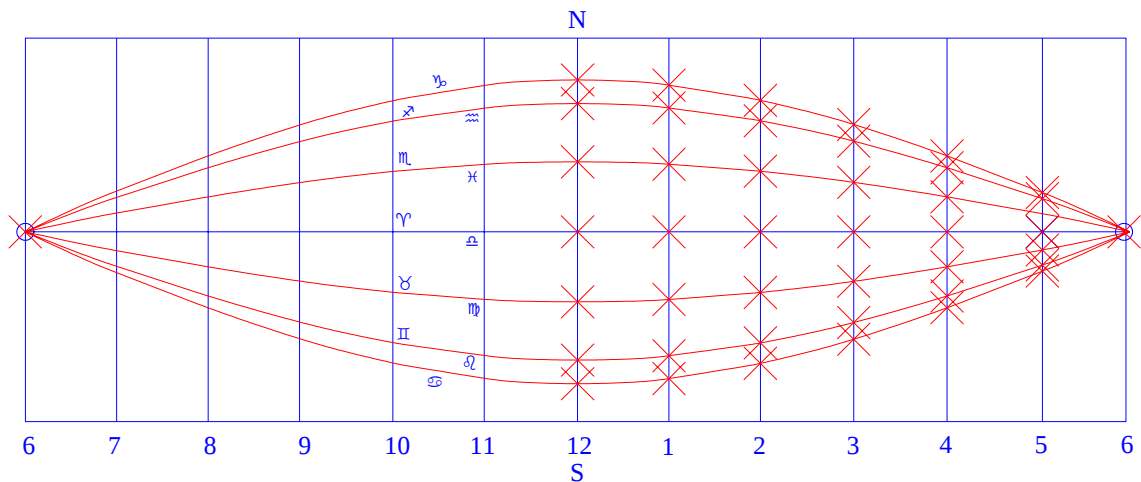


Fig. 5

Método analítico

Conoceremos la anchura máxima de la faja zodiacal con la siguiente fórmula:

$$a = 2 * \tan 23,45 * d$$

donde **a** es el ancho mínimo y **d** el diámetro del cilindro.

Este máximo determina también la mínima altura del cilindro necesaria.

Fórmula para hallar los puntos sobre el eje del trígono:

$$b = \cos H * d$$

Donde **b** es la distancia de cada punto sobre la línea AB.

H el ángulo horario.

d el diámetro del cilindro.

La distancia de la curva zodiacal sobre cada línea horaria tanto en el trigono como llevada directamente sobre el dibujo se halla con:

$$z = \cos H * d * \tan \alpha$$

Donde z es la distancia de la zodiacal sobre la línea horaria desde la equinoccial.

H es el ángulo horario.

d el diámetro del cilindro.

α la declinación solar.

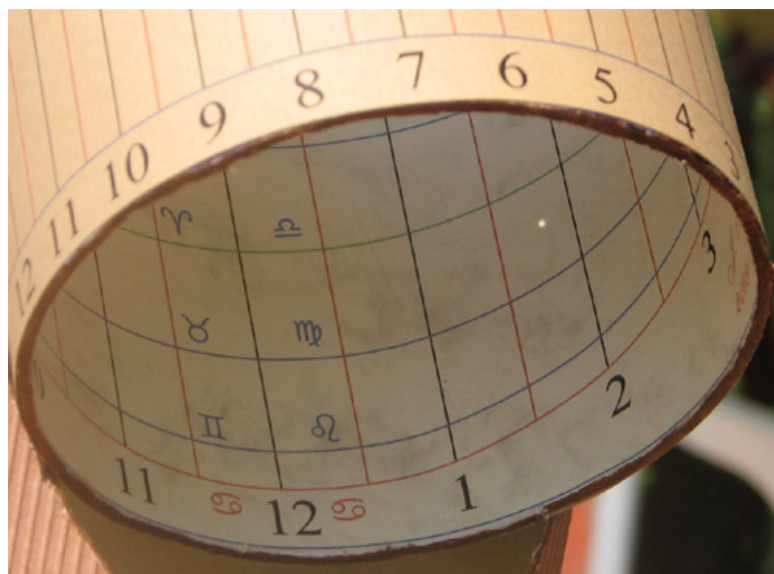
Es suficiente calcular un solo cuadrante del desarrollo ya que los demás son simétricos por la línea de las 12 y por la línea equinoccial.

Una vez terminado el reloj resta orientarlo debidamente sobre la meridiana e inclinarlo según la latitud del lugar ya que el reloj es universal.

Observando el dibujo podemos apreciar que en las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde se pierde precisión en la fecha, no así, sin embargo, en las horarias.

En las fotos puede verse una maqueta construida con cierta rapidez para ilustrar este artículo utilizando un envase cilíndrico de cartón. Además del trazado explicado, este reloj tiene otro trazado exterior en el cual las horas se señalan por la sombra de la línea del terminador. Obsérvese que la numeración de las horas está desplazada 6 horas respecto a la numeración interior. En este tipo de reloj la determinación de la hora es más difícil que en el del interior debido a la imprecisión causada por la zona de penumbra en la línea límite de sol y sombra.





RELOJ DE SOL EN LA MANO

Por Antonio Cañones Aguilar

Desde luego, quien no tenga un reloj de Sol es porque no quiere.

Hay gran cantidad de clases de relojes de Sol que se pueden fabricar de forma sencilla y son muy numerosas las fuentes adonde se puede acudir para informarse.

Es cierto que hoy día, con Internet, el conocimiento humano está al alcance de cualquiera y hay mucha más facilidad para acceder a todo tipo de información, pero la humanidad siempre ha tenido sus cauces de información y difusión del conocimiento y uno de esos cauces o fuentes de información han sido las revistas de divulgación genéricas.

Todo lo anterior viene a cuento porque hace unos días me llegaron a mi correo web unas fotografías de un ejemplar de la revista Selecciones del Reader's Digest del año 1950 con un reportaje sobre cómo hacer un reloj de Sol con la palma de la mano. Y lo más curioso es que ese reportaje hace referencia a un escrito del siglo XVI donde se recoge la citada construcción gnomónica.

El artículo tiene su gracia y, desde luego, las exigencias con respecto a la exactitud de la hora no debían ser muy grandes en el siglo XVI pues la precisión del reloj descrito deja mucho que desear. Aún así este cuadrante -¿el primero digital?- es una muestra más del maravilloso ingenio de la mente humana que no te dará una precisión de minutos pero si te dará una buena idea de la hora aproximada con un mínimo de esfuerzo y recursos ¿Quién da más?

Poder leer este artículo se lo debemos al amigo Manuel Roca Dorda de Cartagena, visitante de mi página web y que, a falta de alguna fotografía de un reloj de Sol que enviarme, ha tenido el acierto de fotografiar y enviarme estas páginas.



Un reloj solar *en la palma de la mano*

De «JOURNAL SUISSE D'HORLOGERIE»

Por el Dr. Gustave Schaefer

LOS relojes mecánicos, cuya precisión apenas si puede ser aumentada ya, han hecho desaparecer a los relojes solares, que indicaban la hora con más o menos exactitud. Sin embargo, ¿cuál de nosotros no ha hecho un día de sol la pregunta: «Sol, ¿qué hora es?»? Pero ¿dónde encontrar un reloj solar en esta época, en que los fabricantes de tales instrumentos han desaparecido o, por lo menos, se han hecho extraordinariamente escasos? ¿Debemos construir nosotros mismos nuestro reloj solar? El que ha tratado de penetrar en el terreno matemáticoastronómico de la confección del reloj solar y sabe todo lo que hay que saber para construirlo correctamente, se apresurará a disuadir al que quiera lanzarse a una aventura semejante.

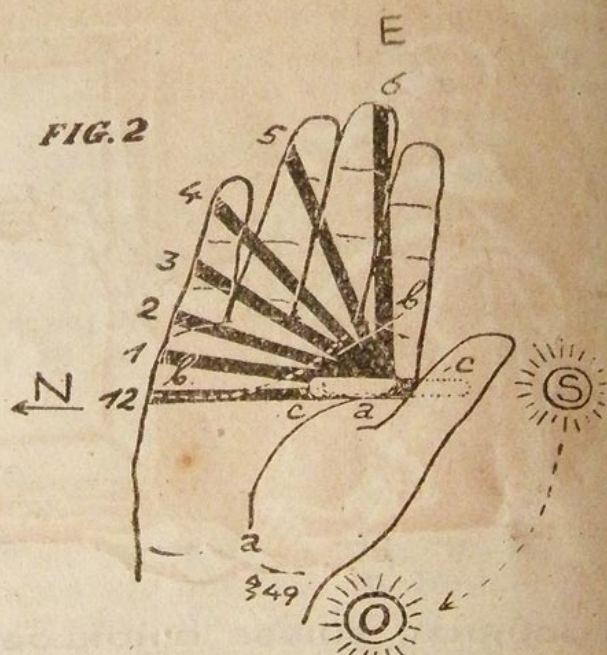
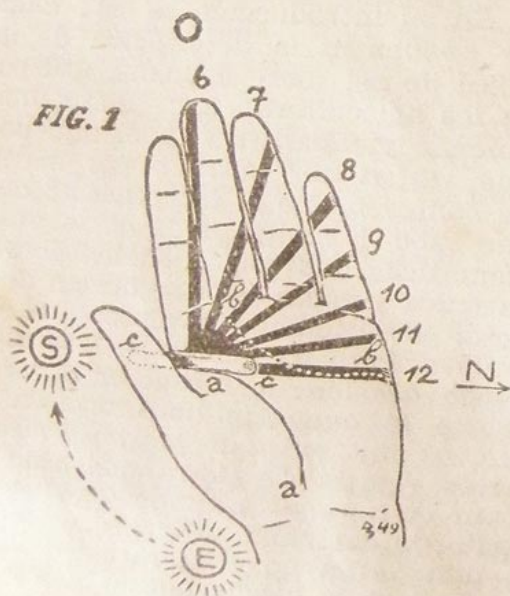
Así, pues, es tanto más sorprendente enterarse de que dos autores del siglo xvi, Carlo Stephan y J. Libalto, dicen: «Hay relojes solares sencillos, prácticos y sin estuche: cada uno tenemos un reloj de sol en la mano.» El libro que contiene

estas frases está adornado con un grabado en madera de la época, reproducido por primera vez en la revista de Ciba; tiene por título *Del cultivo y la explotación perfecta de una propiedad rural*, y fué editado en Strasburgo en 1598, en la imprenta de los herederos de Bernard Jobin.

En su introducción se lee: «Aquí se encuentra la descripción de un reloj de sol sobre la mano, útil para los agricultores, mensajeros, marinos, comerciantes y todos aquellos que viajen por tierra o por mar.» Es comprensible el escepticismo del que sabe la cantidad de cosas problemáticas que contienen los libros antiguos y cómo éstos se burlan del lector describiendo inventos irrealizables. Pero las gentes de 1598 tuvieron ocasión de reconocer el valor de lo que este libro revelaba, puesto que existían ya en todas partes relojes de tierra que señalaban la hora y la anunciaban por medio de campanadas, y los relojes de una aguja no eran raros. A lo que se puede juzgar por la litera-

tura de esta época, nadie protestó contra aquel reloj de sol sobre la mano. Quizá fuese conocido hasta tal punto que todo el mundo sabía leer la hora en él.

El punto de partida de este reloj de sol es la palma de la mano, con las divisiones naturales dadas por los dedos y por las líneas que la surcan. La palma debe ser mantenida horizontalmente; se trata, pues, de un reloj de sol horizontal, que sólo funciona bien cuando el estilete es paralelo al eje de la tierra; en otros términos: si su inclinación con relación al plano de la palma de la mano es igual a la latitud geográfica del lugar de observación. Esta condición primordial es automáticamente cumplida si tenemos un bastoncito o un tallo de paja entre el dedo pulgar y la palma de la mano, en el punto donde la línea de la vida *a-a* (figuras 1 y 2, dibujo original del autor) toca el borde de la mano. Basta entonces con examinar la posición de la sombra del bastoncito en relación con los dedos de la mano. Expondremos aquí una crítica: una



sola mano no basta, aunque el grabado de 1598 indique lo contrario; es preciso utilizar las dos manos si queremos leer la hora desde las seis de la mañana a las seis de la tarde. La mano izquierda sirve de reloj de sol por la mañana, y la mano derecha por la tarde. Para orientar exactamente los dedos hay que conocer las direcciones Norte, Sur, Este y Oeste. Por la mañana pondremos el estilete en la mano izquierda (figura 1). Los dedos están dirigidos hacia el Oeste. A las seis de la mañana, la sombra proyectada por el estilete se encuentra sobre la última falange del dedo medio; a las siete, sobre la del anular; a las ocho, sobre la del auricular; a las nueve, sobre la falange media del auricular; a las diez, sobre la primera falange del mismo dedo; a las once, sobre la palma de la mano, entre el auricular y la línea del corazón *b-b* (fig. 1), y al mediodía, hora local, en el punto donde la línea del corazón toca el borde de la mano.

Después de mediodía se utiliza la mano derecha (fig. 2). Los dedos están orientados hacia el Este. Al

mediodía, hora local, la sombra proyectada por el estilete alcanza la línea del corazón *b-b* en el punto donde ésta toca el borde de la mano. A la una, la sombra se encuentra entre la línea del corazón y el nacimiento del auricular. A las dos alcanza la primera falange del auricular; a las tres, la falange media, y a las cuatro, la tercera falange del mismo dedo. A las cinco, la misma falange del anular, y a las seis, la extremidad del dedo medio.

Este reloj de sol funciona bien en nuestras latitudes. La sombra proyectada al mediodía es, como en todos los relojes horizontales, perpendicular a la sombra proyectada a las seis de la mañana o a las seis de la tarde.

Para verificar la posición correspondiente a la hora intermedia, podemos utilizar la siguiente construcción geométrica: describimos un círculo de radio uno y cuarto de círculo tangente de radio igual al seno de la latitud; dibujamos la recta que une los centros de los dos círculos, así como la tangente común a ambos. El cuarto de círculo está dividido, a partir del punto de tangencia, en seis partes iguales (cada una de 15 grados) y los radios son prolongados hasta la tangente. Los puntos de intersección de los radios y la tangente se unen al centro del círculo de radio 1. Así tendremos la posición de la sombra proyectada para cada hora; bastará con trasladar esta posición a la palma de la mano.



La empresa editora de la revista, The Reader's Digest Association, Inc. fue fundada en 1922 por Lila y DeWitt Wallace.

La revista Selecciones es la revista insignia de la Compañía, actualmente se publica en 48 ediciones y 19 idiomas, se vende en más de 60 países y se publica en castellano desde hace más de 60 años, siendo una buena prueba de su antigüedad el ejemplar de 1950 del que hemos leído estas páginas y por el que le damos las gracias a Manuel Roca.

Antonio J. Cañones Aguilar
relojdesol@gmail.com
<http://webs.ono.com/andana>
Verano 2009

VARIOS RELOJES DE SOL EN CATALUÑA

Por Joan Serra Busquets

En Octubre del 2007 se celebró un congreso gnomónico en Besalú, Cataluña, organizado por la Societat Catalana de Gnomónica. El enclave del evento, Besalú y Olot, me cautivó de tal forma que me prometí volver en otra ocasión sin la presión del programa y los horarios de un congreso para disfrutarlo con calma.

Y como lo prometido es deuda, este mes de Julio se ha presentado la oportunidad de cumplirla. Tengo que decir, sin embargo, que este viaje no pretendía en absoluto ser un viaje gnomónico (es agotador andar a la caza de relojes de sol en verano), pero evidentemente aún sin buscarlos uno se encuentra por el camino con relojes que no puede obviar.

Tuvimos la suerte de contar con dos guías excepcionales que durante dos días se dedicaron completamente a satisfacernos y ahorrarnos tiempo en recorridos baldíos. Francesc Clarà y María, buenos conocedores de la zona nos hicieron de cicerones y les agradezco las atenciones que nos prodigaron.

Queríamos conocer Cadaqués y Port Lligat, pueblos costeros relacionados directamente con Dalí y hacia allí nos dirigimos.

En Port Lligat junto la casa en que vivió Dalí está la llamada *Barraca del rellotge* porque contiene este deteriorado reloj de sol.



Barraca del rellotge, Port Lligat

En Cadaqués tuvimos la suerte de poder aparcar en una plaza y nada más levantar la cabeza nos encontramos con el conocido reloj de Dalí de 1966 en la fachada que mira al mar del hotel La Residencia. De este reloj se hicieron dos copias, una de ellas estaba ubicada en la calle Curós, también de Cadaqués, hoy desaparecida, y otra en la calle St. Jacques de París fechado en 1968. El reloj representa una cara en la que las cejas y las pestañas son llamaradas. Destacan el azul de los ojos y la numeración que sólo contiene las IX, XII y I. El mástil de una bandera impide ver en la foto el número I.



Cadran solaire (1966). Salvador Dalí.

En Cadaqués se encuentra un club de vacaciones llamado casualmente Carpe Diem Club y no pude resistir la tentación de fotografiar la placa.



Desconocía en aquel momento la existencia de otra copia en su interior, del reloj de Dalí (¡lástima!). Posteriormente me he enterado gracias a las pesquisas de Francesc y he obtenido una foto del inventario de la Societat Catalana de Gnomónica a quien agradezco el permiso para insertarla aquí.



Reloj de Dalí en el Carpe Diem Club (Foto: SCG)

Encontramos otro reloj en la fachada del campanario de la iglesia de Santa María, también en Cadaqués, oculto por unos cipreses que dificultaban su localización. Reza la sentencia: “Yo sin sol, y tú sin Fe, no valem nada”.



Iglesia de Santa Maria

El día siguiente nos dirigimos a Olot pasando previamente por Banyoles donde visitamos la iglesia románica de Porqueres.

Ya en 2007 estuve en esta iglesia con A. Cañones y recuerdo el tiempo que dedicó a examinarla piedra por piedra en busca de un reloj canónico. Al cabo del tiempo y muy a pesar suyo tuvo que admitir que no había ninguno aunque eso supusiera una mella en su fama de oledor de relojes.

Sin embargo no le falló el olfato, lo que le falló fue la vista ya que la iglesia contiene un precioso reloj canónico que Francesc conocía y fotografió para mi. Valga decir que no es fácil de ver y que hay que conocer exactamente el lugar donde está ubicado. Llama su atención la perfecta conservación y la forma un tanto cóncava de la esfera.



Iglesia románica de Porqueres

En Olot visitamos el volcán Montsacopa en cuya cima se encuentra la ermita de Sant Francesc y que contiene el gnomon de lo que en su día fue un reloj de sol.



Ermita de Sant Francesc, Olot

En Olot y alrededores existen muchos más relojes de sol pero ya he dicho que el viaje no era gnomónico y además muchos de ellos ya los visitamos en 2007.

Después de dos días intensos dejamos a nuestros anfitriones en libertad y continuamos el viaje por nuestra cuenta. Queríamos visitar Ripoll, Sant Joan de les Abadesses, San Joan les fonts, Camprodon y parte de aquella zona.

El trayecto desde Olot a Ripoll es verdaderamente hermoso y mientras admiraba los distintos tonos verdes de los árboles sin dejar de prestar atención a la carretera, la visión periférica detectó algo entre el follaje de los árboles situados en la próxima curva.



Dada la velocidad del coche la imagen duró apenas unos milisegundos, tiempo suficiente para ser reconocida como un reloj de sol, aminorar la marcha inmediatamente e intentar localizarlo al salir de la curva. Reconozco que me detuve de una manera un tanto brusca y no muy ortodoxa en la entrada de un camino que llevaba a la casa, pero más de uno comprenderá de lo que hablo. Afortunadamente no había tráfico en aquel momento por lo que puede afirmarse que la maniobra irregular pasó desapercibida y mientras Xesca caminaba cámara en ristre buscando la mejor posición para la foto, también yo posicionaba mejor el coche frente a un tentador indicador que anunciaba que por aquel camino se llegaba a una iglesia románica del siglo XII llamada Sant Martí de Capsec.

Se intentó tomar la foto desde distintos ángulos para intentar evitar una antena de televisión que fue colocada con muy mal criterio justo delante del reloj, sin embargo, no pudo ser, de modo que esta es la foto.

El indicador de la iglesia románica actuaba como un imán de tal forma, que en lugar de enfilar de nuevo la carretera para seguir el programa previsto nos adentramos en el estrecho camino, asfaltado, eso si, pero tan estrecho que no cabían dos coches en el caso de que nos encontráramos con otro que viniera de frente. Sin embargo, este problema lo resolveríamos cuando se presentara.

Fue mucho más largo de lo que esperábamos, quizá también porque la velocidad era reducida, pero el paisaje bien merecía la pena además de que no encontramos a nadie, excepto a dos labradores a quienes pedimos instrucciones para llegar a la iglesia, pues pensábamos que nos habíamos extraviado. Pero no, íbamos bien encarrilados pero aún faltaba para llegar y siguiendo sus indicaciones torcimos a mano izquierda en un desvío que nos situó en otro camino aún más estrecho que nos llevó a través de pastos, vacas, y alguna casa perdida. Una de ellas tenía un reloj que desde lejos parecía prefabricado y mi foto no quedó suficientemente nítida para incluirla, de modo que esta foto me la ha cedido Francesc.



Mas Burgarà. Reloj, ¿prefabricado?. Foto: Francesc Clarà

Llegamos finalmente a la iglesia que se alzaba majestuosa en medio de un silencio absoluto, tan absoluto que ni pájaros se escuchaban, ni el zumbido de un abejorro siquiera.

La distancia desde la carretera era de 5 km. aproximadamente y no pude dejar de preguntarme que motivación pudieron tener en el siglo XII para instalar en aquel paraje tan alejado, aquella iglesia.



Reloj de sol



Sant Martí de Capsec

Retomamos el camino de vuelta y al llegar de nuevo a la carretera vi que si la cruzaba directamente tomaba otro camino con un indicador de otra iglesia románica con el nombre de Sant Martí de Solamal. Camino que finalmente no tomamos ya que el tiempo nos quedaba corto para hacer lo que teníamos programado. Desconozco por tanto si esta iglesia tiene reloj de sol y queda apuntado el dato por si alguien de la zona quiere constatarlo.

Próxima parada en Sant Joan de les Abadesses para visitar el monasterio fundado en el siglo IX por Vifredo (o Guifredo) el Velloso cuya primera abadesa fue su hija Emma de Barcelona.

No encontré restos de reloj de sol y si se puede confiar en la palabra de los que trabajan allí, parece ser que no hay ninguno. Sí encontré una curiosa y antigua máquina de reloj mecánico del siglo XVI en el interior de la iglesia de la que hay que destacar sus enormes pesas.



Sant Joan de les Abadesses

Nuestra siguiente estación era Ripoll para visitar su famoso monasterio, también fundado por Vifredo (o Guifredo) el Velloso, poniendo a su hijo Radulfo al cargo y que más tarde se convertiría en Abad de Ripoll i Obispo de Urgell.

Saliendo de Sant Joan de les Abadesses para tomar la carretera de Ripoll se pasa por la pequeña iglesia de Sant Pol que conserva el gnomon de un desaparecido reloj de sol.



Iglesia de Sant Pol

Llegamos al monasterio, y junto a él se encuentra la iglesia de Sant Pere que en su fachada luce un hermoso reloj de sol que nos recuerda que el tiempo pasa irreparablemente.



Iglesia de Sant Pere

Cuando quisimos entrar en el monasterio la ilusión e idea de visitarlo se vino abajo una vez más debido a las barreras arquitectónicas que me impedían el acceso por lo que tuve que conformarme con quedarme ante la magnífica portada tallada donde me entretuve admirando e identificando cada uno de los relieves que la componen auxiliado por un desplegable donde se explicaba con detalle cada elemento.



Me llamaron la atención dos líneas grabadas en sendos bloques de piedra situadas en la jamba del lado izquierdo del arco de entrada y que en el extremo superior contenían un pequeño agujero. No pude dejar de pensar en dos posibles meridianas.



La fachada del monasterio declina unos 33° aproximadamente al Oeste por lo que, si las jambas son perpendiculares al portal, declinan 57° al Este. Con esta dirección se me hace difícil pensar en una meridiana útil con gnomon perpendicular. Y la razón de su situación tan baja puede ser debida a la existencia del pórtico delantero que proyectaría sombras muy bajas en las horas centrales del día, tal como puede observarse en la foto siguiente. Quizá sería interesante realizar un estudio más detallado de la orientación exacta de estas dos posibles meridianas.

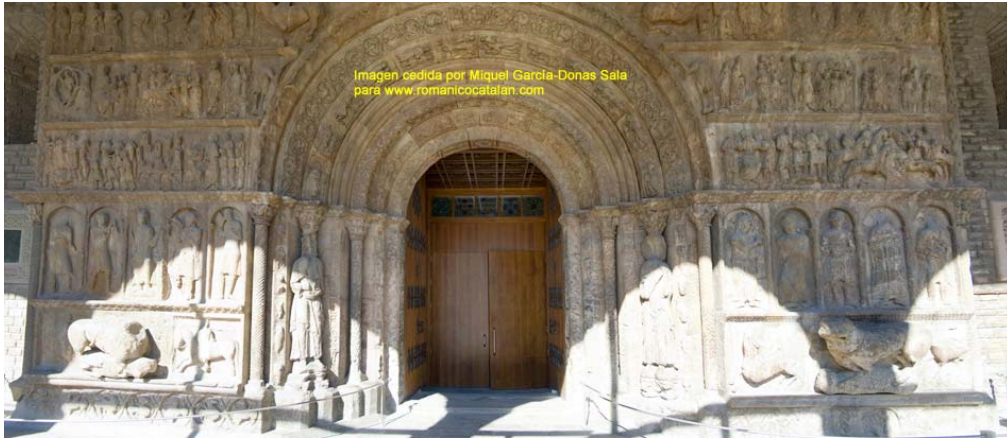


Imagen tomada de: <http://www.romanicocatalan.com>

Otro reloj de sol que pudimos ver en Ripoll es el situado en Can Sayol restaurado recientemente y que nos advierte: “Piensa en la última hora”.



Can Sayol, Ripoll

Y de camino a Camprodon pudimos ver éste en Sant Pau de Seguries con la sentencia: “Si el sol me acaricia, yo te doy la hora”



Sant Pau de Seguries.

Otro día nos adentramos en suelo francés para llegar hasta Villefranche de Conflent situado a 50 km. al Oeste de Perpignan. Se trata de un pueblo amurallado fundado en el año 1090 y que ahora vive básicamente del turismo ya que es considerado uno de los más bellos de Francia.

En la calle principal y muy cerca de la puerta de España, encontramos este reloj con doble gnomon y doble numeración. Creo que es el único que he visto de estas características y no acabo de comprender el por qué de los dos gnomones. Curiosa la inscripción catalana en suelo francés: “Cuanto más sol hace, mejor escribo”.



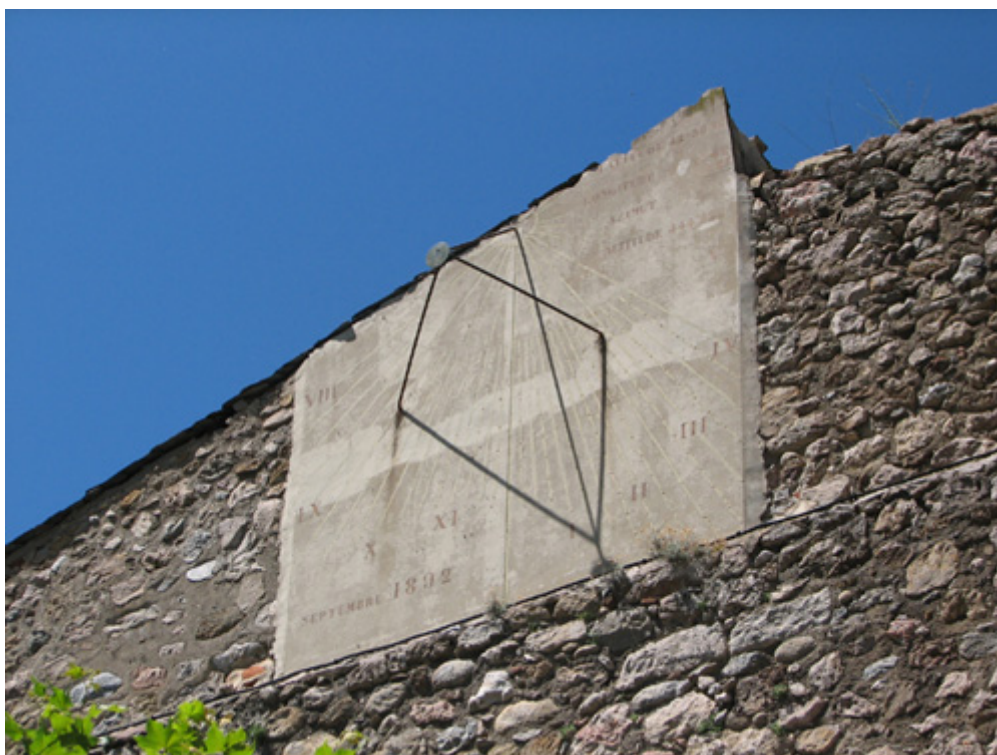
Villefranche de Conflent

A los pocos pasos siguiendo por la calle principal se encuentra un pequeño pedestal con una placa que señala el paso del Meridiano verde, el meridiano que va de Dunkerque a Barcelona pasando por París y que sirvió para definir la longitud del metro.



Meridiana verde

En el otro extremo del pueblo, junto la puerta de Francia se encuentra este otro de gran tamaño realizado en Septiembre de 1892. Lleva inscritas las coordenadas del lugar, la altitud, y el azimut aunque este último dato está borrado. Contiene líneas horarias cada cuarto de hora y las correspondientes a los cuartos están punteadas con pequeños agujeros.



En el extremo del gnomon tiene una plancha con agujero gnomónico y con inscripciones de los nombres de los autores del reloj.



En una foto más alejada puede verse como por debajo del reloj y entre las ramas del árbol asoma una placa en la que va inscrita la ecuación del tiempo para poder llevar a cabo las correcciones in situ.





Placa con la Ecuación del Tiempo a la que no le vendría nada mal una restauración.

Y hasta aquí esta breve crónica gnomónica de un viaje que no era gnomónico. No cabe duda que Cataluña posee un rico patrimonio gnomónico y que muchos de los relojes presentados aquí no son ninguna novedad para los aficionados catalanes pero es una constatación de que sin siquiera buscarlos aparecen como setas en cualquier casa, masía o iglesia.

© Joan Serra Busquets, 2009



En un restaurante a la entrada de Figueres por la carretera de Barcelona.

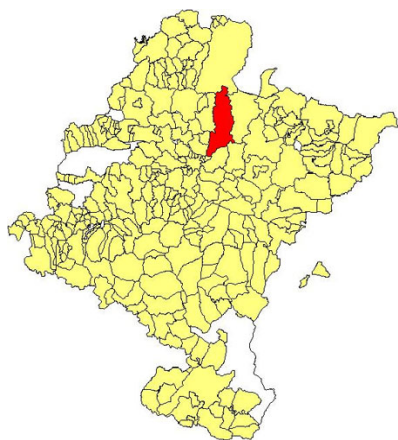
RELOJ DE SOL EN ZURIAIN

Valle de Esteribar – Navarra

Por Miguel A. Bretos Noáin

El segundo domingo de Junio salí de Pamplona rumbo hacia la Colegiata de Roncesvalles. Un trayecto de 42 Km que, en sentido contrario, cubren los peregrinos del Camino de Santiago en dos etapas. Una vez pasada la cercana villa de Huarte-Pamplona, enfilo la carretera hacia Francia por Zubiri. El primer pueblecito a escasos 10 Km. se llama Zabaldica, medio kilómetro después se pasa por Iroz, y poco más adelante a 12 Km de Pamplona se pasa Zuriain. Lo atraviesa la carretera nacional N-135, en la que obviamente hay que reducir la velocidad a 50Km hora. En este pueblo, en una casa con una entrada muy pegada a la carretera, me parece ver a la derecha al pasar, un reloj de sol.

Con la esperanza de estar en lo cierto, prosigo camino y guardo en mi memoria el nombre del pueblo, con idea de hacer una parada a la vuelta y comprobarlo. A eso de las dos de la tarde camino a casa, hago una parada en el pueblo, y cambio de sentido para aproximarme a la entrada de la citada casa. Dada su proximidad a la carretera, hay que poner especial cuidado en la maniobra de acceso. Efectivamente se trata de un reloj de sol labrado en piedra, en el que figura el año de construcción. Es bastante reciente. Se ven coches aparcados en el interior, así que la casa está habitada, pero dado la hora que es, dejo para más adelante una visita formal en la que preguntar detalles del reloj, autor, etc.



Valle de Esteribar (Navarra)

Fuente: Wikipedia.

Una vez pasadas las fiestas de San Fermín, y como el pronóstico del tiempo para el tercer sábado del mes no parece apuntar para ser un día de piscina o playa, cojo la cámara de fotos y el trípode y me dirijo a Zuriain. Entre unas cosas y otras se me hacen las doce del mediodía cuando pongo definitivamente rumbo a este pueblo del Valle de Esteribar, que nunca mejor dicho, está aguas abajo del embalse de Eugui, principal suministrador de agua de boca para Pamplona.

El autor del reloj

Al llegar, impido con mi maniobra de entrada, el acceso a un coche que se dirigía a la casa. Me he dado cuenta, pero sale a advertirme un joven, al que aprovecho para preguntarle por el autor del reloj de sol. Me indica que es su padre, y que está en el jardín. Hago el coche a un lado, y bajando unas escaleras que salvan el desnivel veo a un hombre leyendo plácidamente un libro. Es Mario Bregaña, su apellido no se me hace del todo desconocido.

Resulta que su padre era de Pamplona, y las coordenadas geográficas de su domicilio lo sitúan en la castiza calle Mayor de Pamplona, no muy lejos de mi casa paterna. Pero Mario ha nacido en San Sebastián y tiene al hablar la impronta de los habitantes de la bella Easo, que es como se denomina durante el siglo XIX a la capital guipuzcoana. Me explica cómo el lugar en el que uno nace deja su huella, aun cuando sólo se hayan vivido unos pocos años o incluso meses.

La conversación fluye de una manera fácil, tan suave como el susurro del río Arga que discurre limpio y tranquilo junto a su casa. Es un remanso de paz, tan solo interrumpido a veces por voces de caminantes, cuyas mochilas se adivinan entre el follaje de la arboleda de la orilla de enfrente. Mario me aclara que en esta parte del valle todavía no se dan la hayas, no reúne las características climatológicas precisas. De hecho estamos sentados en torno a una mesa, bajo la sombra de un arce, y detrás de él unas coníferas de su jardín en las que de vez en cuando, me explica, se dejan ver unas ardillas.



Reloj de sol a la vista desde la carretera nacional N-135

Reloj de sol de piedra

Comenzamos hablando del reloj de sol, le pregunto si es comprado, de esos que a veces se ven en las tiendas de arte floral o jardinería, o si se lo han hecho por encargo. Pero me dice que no, que lo talló él, y me cuenta la procedencia de la piedra.



Localización de Zuriain en Navarra, y límite con Francia.

Estamos muy cerca de Quinto Real, nombre que le viene dado a este termino desde el siglo XIII, cuando los reyes de Navarra decidieron reservarse la quinta parte sobre el aprovechamiento de sus pastos y montes, al que se accede por detrás del pantano de Eugui. Por cierto, si cogemos el desvío por Artesiaga, un día de excursión para subir al monte Sayoa, no será difícil ver pasar algún ciervo. Que si no recuerdo mal, son fruto de una repoblación llevada a cabo hace ya años, con ejemplares procedentes de Jaén.

Pues bien de Quinto Real, a Francia no hay nada. De hecho es el punto más cercano desde Pamplona al país vecino.



Situación del Reloj de sol en Zuriain.

Por ello, en tiempos no muy lejanos, había en sus inmediaciones un control fronterizo, su emplazamiento se llama ahora Aduana Vieja, poco antes de coronar el alto de Urquiaga (*Urkiaga gaina*), en cuyas proximidades hay una fuente en la que nace el río Arga.

Desde el *alto* acostumbran a partir los montañeros, para ascender al monte Adi, y los ciclistas tras coronarlo, dan media vuelta para regresar a Pamplona. *Urkiaga*, que significa en euskera *lugar de abedules*, es un collado en el que actualmente predominan las hayas. Así que me temo que el toponímico, no hace ya alusión a las especies que en él se encuentran.

Si seguimos la carretera, a 6km, pasando previamente por las Ventas de Baztán, llegamos a Esnazu, o lo que es lo mismo Francia.

Pues bien, en las inmediaciones de ese antiguo control fronterizo que mencionaba antes, es donde se encontraba esa piedra. Colocada de forma vertical, con un aviso rotulado en pintura blanca, los agentes de la aduana advertían con el clásico “*Cuidado con lo perros*” (*sic*), a los que aguardaban turno para cruzar a Francia. Piedra y aviso que, una vez desaparecidas las fronteras y aduanas dentro de la Unión Europea, carecen de utilidad.

Acostumbrado como está Mario a labrar la piedra, ésta le llamó la atención y la montó en su Land Cruiser con idea de tallarla y transformarla. Esa es la piedra que tiempo después acabó convirtiendo en un cuadrante solar.



Acceso a la casa y reloj de sol.

Le pregunto por los cálculos de las líneas horarias, la orientación del reloj y el por qué de su emplazamiento. La mesa en torno a la que estamos sentados luce un dibujo con cotas, para alguna modificación que supongo prevé llevar a cabo en su casa o en el jardín. Entiendo que este ingeniero titulado en EEUU, que ha desarrollado su actividad por el norte de España, en temas relacionados con filtraciones, ha sido capaz de llevar por sí solo la empresa, ayudado según matiza de dos libros que tiene en casa.

Perfil del autor y su primer contacto con la gnomónica



Mario Bregaña en el jardín de su casa.

Mario salta de un tema a otro, y no le resulta difícil porque a sus 75 años acumula muchas experiencias profesionales y personales. Con lo de las filtraciones acabamos hablando de varias industrias. Comprendo entonces que el tema está relacionado con chimeneas de fábricas que, en tiempos pretéritos expelían grandísimas cantidades de polvo, que al quedar en suspensión y por acción del viento acababan tiñendo las inmediaciones de las mismas.

Mario me habla de los diferentes sonidos del río a lo largo del día y de la noche, del canto de los pájaros y las costumbres de los peces. Ha sido cazador y pescador, y según me cuenta, se hizo con unas tablas que elaboró un inglés, en las que describía la periodicidad de sus comportamientos relacionados con el calendario solar y lunar, y así pronosticaba los períodos más propicios para que estos picasen el anzuelo. Esta inclinación por la observación de la naturaleza es consustancial para alguien que está acostumbrado a observar la *línea de horizonte* del mar, y escuchar el viento cuando rompen en la playa de Gros. Y es que en tiempos pasados este hombre presidió también la sección de Entomología de la Sociedad de Estudios Aranzadi.

Lo del reloj de sol, me comenta, es fruto de la visita que hizo con su esposa Margarita a una exposición en Biarritz. Un diseño para el que primero se puso a realizar una maqueta, pero como veía que iba a tener poca consistencia, decidió tallar directamente la piedra.

Anclaje del reloj y forma de la talla

El cuadrante con forma de Vieira, lo construyó el año 2000 y en la parte superior en donde arranca el gnomon, aparece un *lauburu*. Es este un símbolo perteneciente a la astrolística, según me ha explicado a posteriori Jesús Pomares Esparza, un farmacéutico de Pamplona muy ilustrado.

Como Mario no las tenía todas consigo, y esto es normal ya que siempre queda un margen de duda cuando se hace un cálculo, y más en alguien acostumbrado a trabajar en ambientes industriales, dotó al anclaje de dos movimientos, giratorio y abatible, para el caso de que hubiera que hacer un último ajuste. El primero podía ser necesario, pero hablando, hablando parece obvio reconocer que el reloj fue diseñado para estar vertical, pegado a la fachada de una pared, que podría ser esa que la parra cubre de verde a estas alturas del año.



Primer plano reloj de sol con forma de vieira

Además, dado lo cerca que se encuentra el reloj de la carretera, en más de una ocasión se lo encuentra un poco cambiado de posición. Lo cierto es que caminantes en dirección a Santiago no faltan en la zona. Yo que me había olvidado de coger la brújula, para saber si estaba el gnomon en la dirección Norte-Sur, visto lo visto no parece que sea necesario constatarlo.

Este reloj en la situación actual, reconoce tiene un papel más bien decorativo, aunque ciertamente llama la atención de los vecinos del valle. De hecho, ha sido motivo de una instantánea en un reciente concurso fotográfico de Esteribar, que resultó ser la ganadora.



Reloj de sol vertical, abatido.



Foto de detalle del anclaje.

La conversación fluye y fluye como “el río que nos lleva” (y esto es el título de una película...) Total que se me han hecho las 13:30 según veo en la esfera del reloj de pulsera de mi anfitrión, y todavía no he comenzado a hacer las fotos que ilustran este artículo o reportaje. Así que es momento de ponerse a ello.

Vuelvo a casa, no sin antes despedirme de Mario y Margarita, contento y satisfecho del encuentro tan fructífero y el tono tan ameno en que ha transcurrido la conversación, que ha tenido como hilo conductor la construcción de un reloj de sol en piedra. Y eso que en la escalera que accede al jardín, tiene a modo de adorno otro de fundición de origen inglés, en el que se leen unas indicaciones en relieve. Pero esa... es otra historia. Ciertamente ha sido una bonita mañana de verano.

Fotografías y texto© Miguel Bretos Noáin
Primavera – Verano 2009

RELOJ DE SOL BIFILAR EN LA UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Por Rafael Soler Gayà

En virtud de un acuerdo entre la Universitat de les Illes Balears, la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear y la Demarcación de Baleares del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, ha sido construido en el campus de la Universitat, en un parterre inmediato al edificio “Beatriu de Pinós”, un original cuadrante solar horizontal de diez metros de diámetro. La iniciativa surgió del Colegio a la que se adhirieron la Conselleria y la Universitat conscientes, como el primero, de la aportación que suponía este novedoso cuadrante a la gran tradición que en pasados siglos tuvo la Gnomónica en las Baleares.

Los relojes de sol son unos artilugios conocidos desde la remota antigüedad (ya Vitruvio señala diez tipos en su libro de Arquitectura) por las diversas culturas y que, a lo largo de los siglos, sensibles a los vaivenes culturales, han venido construyéndose con más o menos perfección, si bien, por lo que concierne a Mallorca, es preciso entrar francamente en la Edad Moderna para encontrar una apreciable implantación, y ello solo inicialmente de los tipos más usuales, con cierto retraso en lo que ya sucedía en varias regiones de Europa.

Esta implantación, sin embargo, fue muy rápida y acusada, especialmente a lo largo de los siglos XVIII y XIX, y, tras un receso en la primera parte del siglo XX, se incorpora Mallorca al renacer general, a nivel mundial, de la afición a la Gnomónica- clásica denominación de la ciencia o arte de los relojes de sol- producida en el último cuarto del siglo XX. La afición que tuvo Mallorca por los cuadrantes solares se tradujo en el gran número de los históricos aún existentes- si bien muchos de ellos muy simples y en deficiente estado- hasta el punto de que, al decir de M. A. García Arrando, quien los tiene catalogados, se alcanza un total, incluyendo los modernos, próximo al millar. Ello supone una media del orden de un cuadrante solar por cada cuatro kilómetros cuadrados, ratio que alcanzan pocas regiones de Europa.

La actividad científica pretendiendo la divulgación de sus métodos de construcción fue históricamente notoria en Mallorca donde, entre los siglos XVII y XIX, se encuentra un número de gnomonistas inusual en otras regiones de España, sea constructores de relojes de sol, sea autores de tratados generales o de temas específicos, todos ellos inéditos, pero catalogados ; cabe citar al respecto a Joan Binimelis, Antoni Font i Roig, anónimo datable en el siglo XVII, Miquel Carbonell, Joan Oliver, fra Miquel de Petra, fra Joseph Maria de Mallorca, Geroni de Berard i Solá y fra Lluís de Vilafranca. Personaje polifacético y curioso fue el menorquín Pasqual Calbó, autor del primer libro de Gnomónica en catalán. Ya en las postrimerías del siglo XX se incorporan nuevos autores mallorquines con trabajos publicados: J. Mateu Marco, Rafael Soler Gayà y M. A. García Arrando.

A lo largo del tiempo fueron apareciendo innovaciones en los cuadrantes solares e incluso nuevos tipos, especialmente en los portátiles. Entre los últimos aparecidos destaca el de los llamados “bifilares” que se caracterizan por disponer de dos gnómones cuando la generalidad de los tipos habituales tienen uno solo: la conocida varilla, aguja o “busca” cuya sombra, o su extremo, dan a conocer la hora o la fecha del calendario. En los bifilares el punto de lectura viene dado por el de intersección de las sombras de dos gnómones o líneas situadas en el espacio sin punto común. Por lo demás funcionan como los cuadrantes ordinarios. En el cuadrante de la Universitat los gnómones están constituidos por dos cadenas que cuelgan de sendos par de postes cuyas sombras se desplazan conforme avanza el Sol.

La primera publicación de este tipo de relojes se halla en la revista de Leipzig “ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN” de abril de 1922, con el artículo, del matemático Hugo Michnik, “Theorie Einer Bifilar Sonnenuhr”, dándole ya esta prístina denominación de “bifilar” mantenida posteriormente en la revistas gnomónicas españolas y extranjeras. La primera experiencia se realizó adoptando como gnómones tan solo dos hilos tensados y separados y un plano horizontal; ya

recientemente los ingenieros Hacar y Soler han publicado un método general que permite la adopción de cualquier gnómon definible analíticamente y cualquier plano del reloj lo cual, unido a la posibilidad del auxilio de un PC, permite abordar el cálculo de estos cuadrantes sin grandes dificultades, circunstancia que no ocurría al principio pues por poco que se complicara la forma de los gnómones el cálculo era inabordable prácticamente con los instrumentos clásicos.

Por estos motivos los cuadrantes bifilares son hoy aún infrecuentes y el implantado en el campus de la Universitat, que conozca el autor, es el primero de doble catenaria construido. La adopción de la curva catenaria para los gnómones resulta muy adecuada pues se forma naturalmente al suspender una cadena de dos puntos y su ecuación es fácilmente deducible en función de las condiciones de construcción del cuadrante. Dada la tradición gnomónica de Mallorca, y la innovación que supone este tipo de cuadrantes, el marco de la Universitat resulta muy idóneo para dotar a Mallorca- que tantos cuadrantes clásicos tiene en casas, alquerías, posesiones, conventos e iglesias - de un destacado ejemplar de este nuevo tipo.

Las instrucciones para lectura del cuadrante, como rezan las leyendas dispuestas en su correspondiente atril, son las siguientes.

COM LLEGIR-LO

Observau el punt a on es tallen les ombres de les dues cadenes. 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 estimada –tot seguint la direcció de la línia horària– entre les més properes corresponents a les línies de canvi de mes zodiacal; a damunt aquestes es troben les correccions que s'han d'introduir, sumant (+: el rellotge de sol retarda) o restant(-: el rellotge de sol avança), per convertir l'hora llegida en hora mitjana de Greenwich (la dels nostres rellotges de polsera segons l'estació sumant una o dues hores per disposició governativa).

COMO LEERLO

Obsérvese el punto donde se cortan las sombras de las dos cadenas. 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 (+: el reloj de sol retrasa) o restando (-: el reloj de sol adelanta), para convertir la hora leída en hora media de Greenwich (la de nuestros relojes de pulsera sumando una o dos horas según la estación por disposición gubernativa).

Como es usual en muchos relojes de sol se ha dispuesto una leyenda, en este caso latina, que reza TEMPORA TEMPORE TEMPERA cuya traducción libre pudiera ser “Organiza las épocas (tiempos determinados) a tiempo”.

La actuación ha sido patrocinada por la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear, que ha sufragado el importe de las obras, y por la Demarcación de Baleares del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos a quien ha incumbido la gestión del trámite del proyecto con la desinteresada aportación de su autor, el colegiado Rafael Soler; la Universitat de les Illes Balears, que aceptó el cuadrante, señaló su ubicación en el lugar que ocupa en el campus. Ejecutó la obra la empresa “Construcciones Llabrés Feliu” con la colaboración de “Talleres Con-bi” para las instalaciones de acero inoxidable y de “Francisco Revert e Isabel Vidal” para los trabajos al horno del dibujo de líneas, emblemas y demás rotulación en las piezas cerámicas.

3 de agosto de 2009

© Rafael Soler Gayà, 2009



VISTO DESDE EL SUR



VISTA PARCIAL DE LA MALLA DE LINEAS HORARIAS Y DE DECLINACIÓN. LA INTERSECCIÓN DE LAS SOMBRAS DE LAS CADENAS MARCA LAS 10h 5' DEL PRIMERO DE AGOSTO EN TIEMPO VERDADERO



LOGOS DE LOS TRES PATROCINADORES



VISTA AÉREA

EL TUNEL DEL SOL EN VALDEALGORFA (TERUEL) (II)

Por Rogelio Meléndez

*Ajuste de los datos con vistas al próximo mes **septiembre del año 2009.***

Como suele ser habitual a medida que se analiza un fenómeno se ponen de manifiesto detalles en principio ignorados. En el caso presente por ejemplo, resulta evidente que más que el tamaño visible del túnel desde el extremo occidental, lo que realmente cuenta es el diámetro del Sol.

MEDIDAS AJUSTADAS DE LA SECCION.

Las dimensiones del túnel que parecen más ajustadas a la realidad son las que me facilitó Juan Serra Busquets., mediante un plano obtenido de Francisco Fons, conocedor del mundo del ferrocarril. Su base es de 3,10 m.(aproximadamente ya que es un dato deducido de modo gráfico) y su altura de 4,33. Ahora bien no es un rectángulo perfecto, ya que la anchura señalada es claramente superior a una altura de (aproximadamente) 3 m, pues en el gráfico se indica que son 3,44.

Empezaré el análisis siguiendo las pautas de lo ya publicado en Carpe Diem (Junio 2009). De este modo tenemos que según el gráfico remitido por J. Serra Busquets siempre siguiendo un criterio conservador y dada la forma del túnel podemos considerar a efectos del cálculo que es un rectángulo de 3,1 m de base y 3,60 de altura. Ahora bien vamos a suponer que debido a diversos factores este rectángulo será de 2,8 de base por 3,40 de altura. Estos factores pueden ser varios entre otros que quizá el túnel en más de 2 km no siga una trayectoria rigurosamente recta.

Con estos datos resulta la holgura en azimut será de $2 \times (\arctan(2,8/2139)) = 0,15^\circ$. En altura el intervalo será de $2 \times \arctan(3,40/2139) = 0,182^\circ$. Esto quiere decir que el intervalo de valores del azimut adecuados para que se produzca el fenómeno será de $87,4915^\circ - (\arctan(2,8/2139))$ a $87,4915^\circ + (\arctan(2,8/2139))$; es decir de $87,3415^\circ$ a $87,6415^\circ$. Siguiendo un razonamiento similar deducimos los intervalos en altura que serán la del eje +/- la "holgura" en altura es decir el intervalo será de $0,4397^\circ$ a $0,8037^\circ$.

Estos datos de la sección son **bastante parecidos** a los primitivos supuestos sin embargo; hay una pequeña diferencia. Resulta que ahora el túnel es más alto que ancho; lo que es un dato **favorable** ya que la trayectoria ascendente del Sol es con una pendiente de unos 49° . Por cierto en el artículo tuve más de un pequeño despiste con este dato, como por ejemplo en la fig 1 donde anoté la cifra de 59° cuando habían de ser 49° . En algún párrafo también "metí la pata" al hablar de esta cantidad.

Los intervalos favorables de la declinación oscilan entre los $2,22509^\circ$ ($2^\circ 13'30''$) y $2,61311^\circ$ ($2^\circ 36'47''$). Es decir ya tenemos un intervalo favorable de "casi" $24'$, circunstancia esta que nos garantizaría la permanencia de un período favorable de 24 horas, que es la clave para que año tras años y en las DOS ocasiones estudiadas ocurra el fenómeno. Esto supone que aún con la sección del túnel descrita y considerando al Sol como un **foco de luz puntual** "casi" tenemos asegurado el fenómeno en base a los nuevos datos. Es evidente pues que ahora **mejoran las perspectivas**. Si hacemos los cálculos oportunos veremos que tales intervalos de la declinación han de suponer casi 24 horas algo que no ocurría en el supuesto contemplado primeramente en el artículo de "Carpe Diem". Como comprobación veamos lo que ocurriría en el año 2006 y en marzo, con estos datos actualizados. Pues bien el intervalo favorable duraría desde las 9 h 56 m y algunos segundos (siempre en TU) hasta las 9 h. 41 m y algunos segundos del día 27. Es decir nos quedamos a sólo 15 minutos de completar las 24 horas de período favorable, mientras que trabajando con los datos expuestos en el artículo de Carpe Diem eran sólo unas 18 horas. Luego tenemos por un lado que contrariamente a lo deducido en el cálculo del artículo publicado, el 26 de marzo de 2006, **si hubo margen** para que ocurriese el fenómeno. Además está claro que **sólo muy raramente** nos encontraremos con un año no favorable. En efecto un intervalo favorable como el descrito empezará y terminará cada año en diferentes horas y sólo excepcionalmente ocurriría que esos **15 minutos** que nos faltan; vayan a coincidir justamente en las proximidades de la salida del Sol.

Si ahora consideramos al Sol como un **disco** que en realidad es, el asunto ha de tornarse por fuerza mucho más favorable para que tenga lugar el fenómeno. Vamos a considerar ahora cuales son las posiciones que ha de ocupar el disco solar para tapar ese rectángulo de base 2,8 m y de altura 3,4m

EL DISCO SOLAR.

Si las infinitas posiciones que puede adoptar el centro del disco solar las señalamos en un gráfico definirán una especie de elipse **dentro** de la cual y por métodos gráficos cabría un rectángulo de $0,32^\circ$ de base por $0,26^\circ$ de altura.

Teniendo en cuenta que el eje del túnel se halla a una altura de $0,6217^\circ$ y con un azimut de $87,4915^\circ$; la parte superior del rectángulo se hallará a una altura de $0,7517^\circ$ y la base a $0,4917^\circ$. La parte derecha del rectángulo tendrá un azimut de $87,6515^\circ$ y la izquierda $87,3315^\circ$.

Nos hallamos con unos datos muy similares a los encontrados en el artículo publicado en “Carpe Diem”; una vez que finalizamos la tarea de **inscribir rectángulos** dentro de las elipses favorables. Los datos finales son prácticamente iguales en azimut y ligeramente superiores (era de esperar) en altura. Con estos márgenes en azimut y altura, resulta que el intervalo de declinación estará comprendido entre $2^\circ 8'37''$ y $2^\circ 34'53''$ ó si se prefiere entre los $2,14361^\circ$ y los $2,5814^\circ$, es decir **prácticamente lo mismo** que se había calculado en el artículo de Carpe Diem; pese a partir entonces de unos datos de la sección del túnel; mucho menos ajustados a la realidad que los ahora utilizados. La explicación de esto puede hallarse en hecho de que con secciones tan pequeñas (túnel visto a más de 2 km); lo que realmente importa es el **diámetro del disco solar**; que es bastante superior a la sección del túnel.

Una primera conclusión que cabe destacarse de esta revisión de datos, es que los detalles sobre la sección del túnel, no son tan decisivos como en principio pudiese parecer. Es una cuestión importante porque pone de relieve que aún cuando no se realicen medidas muy “finas” de la sección del túnel totalmente libre y en línea recta

Está claro pues que en un año “estandarizado” tenemos un margen en la declinación claramente superior a los $24'$ (en concreto superior a los $25'$), lo que nos garantiza la existencia de al mínimo dos ocasiones (fechas) cada año en las cuales la declinación se mantendrá dentro del margen exigido para que el fenómeno tenga lugar.

Si con estos datos intentamos ver cual será en términos de tiempo el período favorable en el año 2006; obtendremos en un primer tanteo que los días que hay que analizar han de ser en marzo el 26 y el 27; y en septiembre el 17. No obstante ahora lo que interesa es analizar lo que ocurrirá el próximo **mes de septiembre del año en curso es decir del 2009.**

Si tenemos en cuenta como fluctúa la declinación en el próximo mes de septiembre; resulta que el período favorable en cuanto a la declinación se refiere comenzará alas 5 h. 37 m. 43 s del día 16 de septiembre. Y finalizará alas 8 h. 49 m 16 s. Luego está claro que el día 17 será adecuado y en cuanto al día 16 la situación será mucho más ajustada. Veamos. Ese día sale el Sol en Madrid a las 5 h 56 m ; luego en Valdealgorfa lo hará unos 15 minutos antes es decir a las 5 h 41 m. Si resulta que a partir de las 5 h. 37 m 43s ya estamos dentro del marco favorable; es evidente que también este día *se podría producir* el fenómeno. Por tanto haremos un análisis detallado de ambas fechas.

SEPTIEMBRE DE 2009.

Utilizando la fórmula (F-1) y puesto que los intervalos en altura del Sol oscilan entre los $0,4917^\circ$ y $0,7517^\circ$ y en azimut entre $87,3315^\circ$ y $87,6515^\circ$, obteníamos unos valores de la declinación. Estos valores, junto con los de la altura, introducidos en la fórmula F-2 nos proporcionan unos valores del ángulo horario (H) del Sol cuando tiene lugar el fenómeno: Estos valores del ángulo horario del Sol fluctúan entre $91,4223^\circ$ y $91,0382^\circ$. que en términos de tiempo suponen respectivamente **6 h. 5m 41 s. y 6 h.4m.9s.** Este intervalo de **1 m. 32 s.** de tiempo sería lógicamente la duración **máxima** del fenómeno en las condiciones analizadas. Los resultados de nuevo son prácticamente los mismos que los obtenidos en el artículo de Carpe Diem.

Con estos datos vamos a ver que es lo que puede ocurrir los próximos días 16 y 17 de septiembre de 2009.

DIA 16 DE SEPTIEMBRE DE 2009

El Sol pasa por el meridiano del OAN a las 12h-9m-33s, luego por el meridiano de Valdealgorfa lo hará a las 11h. 54 m. 48 s. En consecuencia el fenómeno se iniciará a las **5h. 49 m. 7 s TU.** Recordemos (ya lo hemos visto), que este día el Sol saldrá en Valdealgorfa a las 5 h. 41 m. luego podría ser que en efecto el día 16 tenga lugar el fenómeno. Para confirmarlo lo estudiaremos en **detalle** determinando el azimut y la altura del centro del Sol a esa hora. Utilizaré -dicho sea para entendernos- “el método berciano”, (ver artículo de Carpe Diem) aún cuando es evidente que no tiene mucho sentido esta denominación, puesto que es más bien un método de uso corriente en problemas de astronomía de posición. Para no liarnos le llamaremos en adelante “ajuste fino”:

A las **5 h.49 m.7 s** (hora teórica de inicio del fenómeno); el centro del disco solar ha de estar a una altura de **0,61928°** y su azimut será de **87,12193°**. A partir de este instante vamos hallando los valores de altura y acimut con intervalos de 15 segundos, es decir a las 5h.49 m 22s, 5h.49 m 37 s. y obtenemos una serie de valores (Ver Tabla 1) que detallan la trayectoria del Sol y por tanto las variaciones de su posición con respecto al túnel. Estos datos se pueden representar en un gráfico (Fig. 1) con el fin de dibujar a escala la trayectoria del Sol respecto al túnel. Un intervalo de 15 segundos de tiempo son $4,1666 \times 10^{-3}$ horas, lo que supone que en una hoja de cálculo, no hay problema alguno para que estos intervalos se reflejen muy bien, ya que basta con expresar la hora con 3 decimales; pero cuando intentamos representar las diferentes posiciones del Sol en el gráfico (Fig. 1) correspondiente observamos que las posiciones son muy cercanas unas de las otras, según después explicaré en detalle.

En el gráfico aludido, se representan sobre una cuadrícula con pautas de **0,1°** las posiciones que ocupará el Sol en su ascensión ese día. También se señala lógicamente la posición del **túnel que pinto completo** ya que como he dicho la sección libre del mismo no es tan importante como el diámetro del Sol. Por otra parte y puesto que ahora el cálculo pretendo que sea detallado; dejo a un lado el supuesto conservador que consistía en considerar que el fenómeno era tal sólo si el disco solar ocupaba **toda la sección del túnel**. En realidad basta con que una parte de la sección del túnel se vea afectada para que el fenómeno tenga lugar. De hecho en la primera de las fotografías que aparecen en el artículo, parece evidente que nos hallamos en este caso.

REPRESENTACION GRAFICA

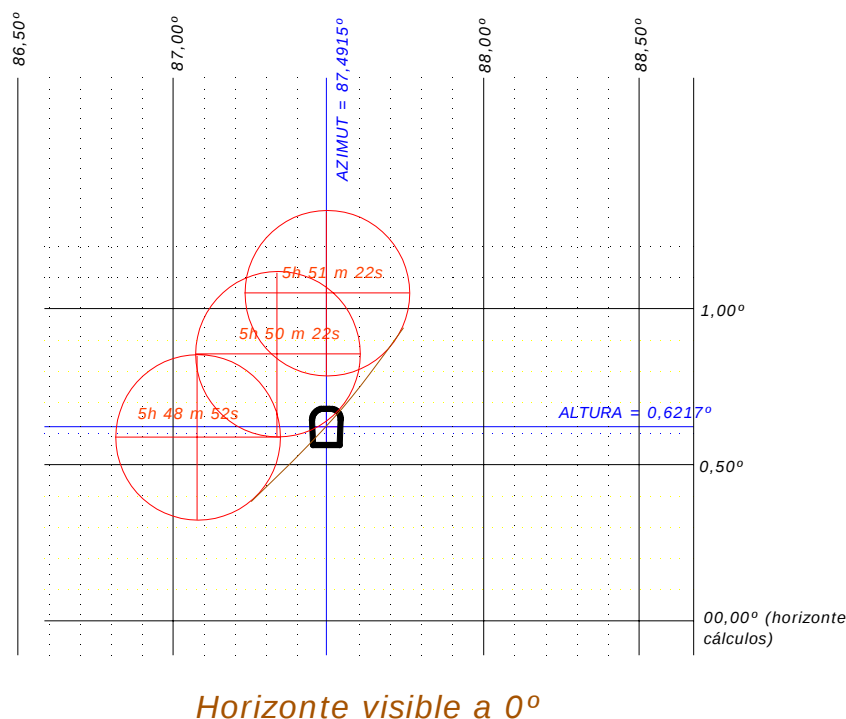


Fig.1.- Trayectoria previsible del sol el día 16 de septiembre de 2009.

Al llevar a un gráfico (Fig. 1); las diferentes posiciones que ocupa el disco solar respecto al túnel; resulta que en 15 segundos la variación tanto en azimut como en altura es muy pequeña (menor de $0,1^\circ$), por lo que las diversas posiciones del Sol se solapan en exceso, algo lógico si tenemos en cuenta que el diámetro del disco solar es de más de $0,5^\circ$. En consecuencia aún representando varias posiciones separadas por intervalos de 15 segundos el Sol “avanza muy poco”, por lo que resulta “más práctico” calcular posiciones del Sol separadas por intervalos de tiempo más dilatados. Así pues decidí ampliar el cálculo a 15 segundos **anteriores** a las 5h.49 m 7s y una vez calculada la posición de las 5h 50 m 22s. “salté” a otra separada de la anterior un minuto, es decir a las 5h. 51 m. 22s. y en vez de representar en la Fig.1 todas las posiciones de la tabla sólo lo hice con tres, citadas que pienso son suficientes para visualizar la trayectoria del Sol el día 16 de septiembre de 2009.

Las posiciones extremas reprensadas en la fig. 1 corresponden a las 5 h. 48 m 52 s y a las 5h 51 m 22s. La primera corresponde a instantes **previos** al inicio del fenómeno y la segunda a instantes **posteriores**. Por **simple observación del gráfico** deduzco o más bien estimo que el disco solar comenzará a “asomarse” al túnel a las **5 h. 49 m 30 s.** y “se escapará” hacia las **5h. 50m 50 s.** Si se observa el gráfico con atención se comprende esto perfectamente. En todo caso yo entiendo que afinar más (que podría hacerse con facilidad); es “rizar el rizo”, ya que con vistas a saber a que hora tendrá lugar el fenómeno **“el día 16 de septiembre de 2009”** con facilitar unos horas con incertidumbre de 5 ó incluso 10 minutos bastaría.

Según la fig. 1 este día el disco solar no llegaría a tapar totalmente la sección del túnel, si no sólo la parte “superior izquierda”. Sería sencillo calcular la superficie de la sección tapada (tanto en metros cuadrados como décimas de grado); pero me temo que en este caso esto sea de nuevo “rizar el rizo”; porque antes de lanzarnos a este cálculo cabría recordar que la orientación y la pendiente del túnel las calculé en base a los datos del SIGPAC. ¿Qué margen de incertidumbre razonable cabe admitir al proceder de este modo?. ¿Cómo podríamos lograr unos datos “exactos” sobre la orientación y la pendiente del eje del túnel?. Sobre esto hablaré después ahora veamos lo que ocurrirá el día 17 de septiembre de 2009.

Cabría puntualizar que hay unas pequeñas pero evidentes diferencias entre lo calculado utilizando las fórmulas F1 y F2 del artículo publicado en Junio y lo que obtenemos finalmente, empleando el que llamamos “ajuste fino”. El borde del disco solar comienza a asomarse al túnel según el “ajuste fino” a las 5h 49 m 30s y no a las 5-49-7 como habíamos calculado con las fórmulas F1 y F2, cuando además partíamos del supuesto de que el disco solar habría de ocupar TODA la sección del túnel. Estas pequeñas diferencias creo intuir donde estriban; pero en todo caso lo más importante ahora es decantarse por uno u otro método de cálculo como el más fiable. Yo sin duda alguna me decanto por el que denomino “ajuste fino”. Explicar en detalle el porque me temo que nos obligaría a entrar en una exposición que sería larga y quizá hasta tediosa. No obstante si puedo decir que las “otras” fórmulas que yo utilizo en el “ajuste fino” son normales y corrientes en problemas de astronomía de posición y que por supuesto que las puedo facilitar a cualquiera que tenga curiosidad en conocerlas. Aparecen en algunos de los trabajos ya publicados y citados en la bibliografía del artículo de Carpe Diem.

DÍA 17 DE SEPTIEMBRE DE 2009

En este caso iré “directamente al grano” y sabiendo que ese día el Sol pasará por el meridiano de Valdealgorfa **22 segundos antes** que el día anterior y sabiendo el valor del ángulo horario que necesitamos, resulta que teóricamente a las **5h. 48 m 45 s.** se iniciaría el fenómeno este día.

Calcularemos (con el “ajuste fino”); sin más la posición del disco solar este día a las 5h. 48 m. 30 s. y a partir de aquí con intervalos de 30 segundos (ya hemos visto que 15 segundos es un intervalo demasiado pequeño). Los resultados los vemos en la Tabla 1 y en la Fig 2 la representación de las 5 h. 48m 30s, 5h. 50 m 00s y 5 h.51m 00s.

VALDEALGORFA (Teruel)								
Día 16 de septiembre de 2009								
Hora(TU)	5h 48 m 52s	5h 49 m 7s	5h49 m 22s	5h49m37s	5h49m52s	5h50m7s	5h50m22s	5h51m22s
Altura (°)	0,5816	0,619	0,666	0,713	0,7605	0,835	0,854	1,042
Azimet(°)	87,089	87,1219	87,163	87,2039	87,245	87,286	87,327	87,491

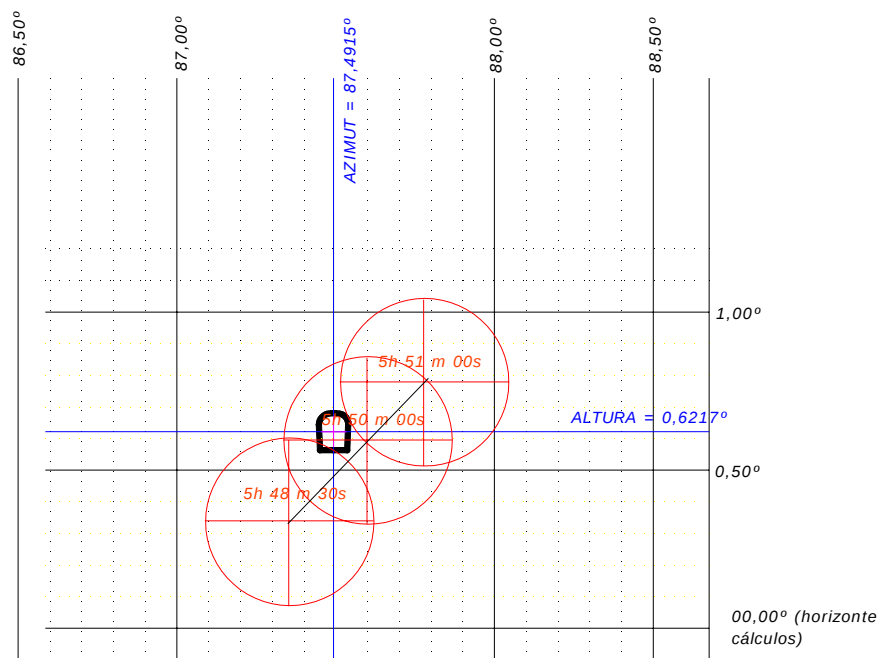
Día 17 de septiembre de 2009							
Hora(TU)	5h 48 m 30s	5h 49 m 00s	5h49 m 30s	5h 50m00s	5h 50 30s	5h51m00s	5h51m30s
Altura (°)	0,319	0,413	0,507	0,601	0,695	0,789	0,884
Azimet(°)	87,089	87,454	87,536	87,618	87,700	87,782	87,865

Tabla 1.- Valores del acimut y la altura del Sol (a efectos de cálculo)
los días 16 y 17 septiembre de 2009

Como era de esperar este día 17 el Sol “si cruzará de pleno” el túnel. según es evidente en el grafico 2 aludido. A partir del mismo parece que el instante en que el borde solar “asoma” por el túnel

será a las **5h 48 m 25s** y el instante en que el borde del disco abandona el túnel será justamente uno de los representados es decir a las **5 h. 51 m 00s**.

A partir del análisis visual de las fig 1 y 2 parece evidente que el día 18 ya no podrá observarse el fenómeno algo que ya se daba por hecho. Como en el caso del día anterior entiendo que el cálculo de los instantes de inicio y final del fenómeno están hallados con precisión más que suficiente, pero quizá si sea conveniente retomar el asunto que dejamos antes planteado como un interrogante.



Horizonte visible a 0°

Fig.2.- Trayectoria previsible del sol el día 17 de septiembre de 2009.

AJUSTE DEL ACIMUT Y ALTURA DEL EJE DEL TUNEL

Los datos de partida para el cálculo referentes a la orientación y altura del túnel los he calculado a partir de medidas realizadas sobre las ortofotos del SIGPAC. Hice eso si varias medidas pero ¿Qué margen de error cabe esperar? Pues bien teniendo en cuenta el error que podemos cometer al apuntar con el puntero del ratón en la pantalla del ordenador y dada la nitidez y amplitud de las imágenes del SIGPAC yo estimo que un error de +/-3 metros es **posiblemente lo máximo** que cabe esperar, lo que supondría que el error en la determinación de la orientación del túnel sería de aproximadamente 0,1°. En cuanto a la pendiente ocurre prácticamente lo mismo. He vuelto por precaución una vez más a hallar los datos aludidos y obtengo para la altura del eje del túnel 1,0193° y para su orientación UTM-30 ; 85,526°, es decir diferencias de milésimas de grado sexagesimal con respecto a los valores utilizados en el artículo de Carpe Diem. En este sentido creo que podemos concluir con que la diferencia entre la realidad y lo señalado en las fig 1y 2; será en el peor de los casos como **máximo de 0,1°** es decir el túnel en estos gráficos quizá haya que desplazarlo en altura o en acimut o en ambos como máximo 0,1° es decir **una cuadrícula** de las de la figuras.

¿Cómo podríamos en todo caso ajustar aún más los datos?. Pues bien yo creo que realizando medidas sobre el terreno con un teodolito. Los que yo utilizo habitualmente tienen 30 aumentos y aprecian **milésimas** de grado centesimal. Son digamos teodolitos “normalitos y corrientes”. Esto supone que a una distancia de 2139 metros podría apreciarse el ángulo formado por dos puntos separados tan sólo 3,3 cm.. En nuestro caso aún cuando calculemos la posición del contorno (sección) del túnel con una incertidumbre de 10 cm, creo que afinamos más que de sobra.

Si estacionamos adecuadamente el teodolitos en el **extremo occidental** del túnel y realizamos un **conjunto de visuales debidamente apuntadas al extremo oriental**, podemos obtener con gran precisión el acimut y la altura del **eje** del túnel y además la posición de la sección visible en su **conjunto**

tanto en altura y en acimut. Entiendo que los más aconsejable-en este caso- es realizar lecturas que se puedan orientar **con respecto al Norte Geográfico**. Para ello las visuales al Sol, pueden ser esenciales y si hay además alguna otra(s) referencia(s) mucho mejor (vértices geodésico por ejemplo).

Esta es una labor que resulta habitual para cualquier topógrafo. Quizá merezca la pena hacerlo.

LA APORTACION DE RAFAEL CARRIQUE

Por último no quisiera terminar esta redacción; sin señalar que como era de esperar, entre el grupo de **“Miembros de Carpe Diem”** hay más personas capaces de hacer análisis como el que yo estoy haciendo y sin duda también mejores. A raíz de la publicación de este artículo el amigo Rafael Carrique, me ha enviado los resultados de sus cálculos, que con despreciables variaciones coinciden con los míos. Es una buena noticia pues de cara a saber lo que ocurrirá el próximo mes de septiembre, que más de una persona pueda analizar y contrastar los cálculos.

Según los datos de Rafael Carrique el día 16 de septiembre de 2009, el Sol tendrá el primer contacto con el túnel (es decir se comenzarán a ver los primeros rayos de su borde) a las **5h. 49 m. 31s** TU y el último contacto tendrá lugar a las **5h. 51 m. 39 s.**

El día 17 de septiembre el primer contacto tendrá lugar a las **5h. 48 m. 51 s** TU y el último a las **5h.51 m.15s**. Con respecto a esta fecha me envió asimismo un gráfico en el que se ve que el disco solar “ocupará” totalmente la sección del túnel y que el centro del Sol pasará por la parte inferior derecha del túnel y a una distancia de $0,083^\circ$ de esta esquina inferior derecha. A mí (fig 2) me salen $0,025^\circ$ Como puede verse el grado de coincidencia es asombroso, aunque en este tipo de análisis nada tiene de extraño que así suceda.

No obstante lo dicho el tema aún puede seguir dando más de sí. Están esas pequeñas diferencias entre los datos de Rafa y los míos, las pequeñas discrepancias entre el “ajuste fino” y los resultados obtenidos con las fórmulas F1 y F2; está el tema de la refracción que a alturas tan bajas puede ser importante,...Rafa en un correo que me envió, me citó acertadamente varios de estos factores. No obstante creo que tenemos ya datos más que suficientes por ahora de cara a por ejemplo planificar una visita al lugar en septiembre para ver “en vivo y en directo” el caso,...y tenemos de aquí a entonces tiempo de sobra para ajustar más y más los cálculos.

Ahora nos queda eso si una asignatura pendiente: determinar con igual exactitud si cuando el Sol pase por detrás (o por delante según se mire) de la boca del túnel,...; habrá o no nubes que lo puedan ocultar!.

Bembibre 10 de junio de 2009.

Rogelio Meléndez Tercero

POEMA GNOMÓNICO

Por Antonio Barceló

LOS TIEMPOS DEL RELOJ

*Pasa el tiempo y el hombre no se da cuenta.
(DANTE, **Purgatorio**)*

Están en su lugar. Son esas horas,
calendario inmortal de eternidades,
que viven, y han vivido, por los siglos
en el Reloj de Sol como normales.

Son tiempos, que recuentan las historias
de la capacidad de voluntades,
en *tiempo verdadero*, que no evita
leer *hora legal* en las solares.

Es ingenio gnomónico que mide
la producción del ritmo a los mortales,
con asombroso acento y simetría
en conjunto de sombras a raudales.

La rotación terrestre se condensa
en el Reloj de Sol, sin vanidades,
con rayas, cifra, o pasos, que atestiguan
gran cantidad de horas inmortales.

El gnomon nos señala, día a día,
los puntos de su sombra, entre celajes,
y si la nube enturbia nuestro espacio
el tiempo, con el Sol, sabrá esperarle.

Eternamente el Sol indica el modo
del útil mediodía memorable:
¡Las doce en el reloj, la meridiana
que mide los espacios siderales!

Con la inclusión latina de unos dichos
nos cuenta, paso a paso, las verdades
que, sin la ingeniería de palabras,
la luz -rayo mental-, verdad las hace.

¡Reloj solar! Guiador del tiempo exacto
en toda apreciación de todo instante,
cuando una voz vibrante anuncie el día
en que a tiempo vendrán horas letales
y todo esté dormido bajo el Sol.

Antonio Barceló R.