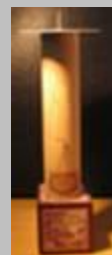


La única función del tiempo es consumirse: arde sin dejar cenizas.
Elsa Triolet

Equinoccio de primavera
Día 20 de Marzo a las 23:21 U.T
El sol entra en Aries

No hay eclipses previstos para este trimestre.
Día 27 de Marzo a las 2:00 h cambio de Hora Oficial. Se añade una hora.

SUMARIO DE LA EDICIÓN DE MARZO 2011



Reloj de luna. De Francesc Clarà
Original reloj polar cilíndrico de luna de muy fácil lectura.

Reloj Polar triestilar universal. De Luís Hidalgo
Construcción de un reloj Polar clásico con un Foster-Lambert y un Analemático añadidos. Tres en uno.

Fenómenos de luz en rosetones y ventanales. Cálculo de su predicción. De Rafael Soler
Estudio de cómo pueden predecirse los fenómenos luminosos en cualquier edificio como el caso de la Catedral de Palma de Mallorca.

Reloj cilíndrico vertical con sombrero. De Joan Serra.
Método para calcular las dos variantes del reloj cilíndrico con sombrero.

Inclinación que debe tener un plano para ser polar. De Francisco Polop
Método analítico para determinar la inclinación de un plano paralelo al eje del mundo en cualquier orientación.

Relojes de Vitoria XVII. De Antonio Cañones, Pedro Novella Y Mª Josefa Urteaga Apéndice de este voluminoso y completo trabajo.

Notas adicionales sobre los calendarios. De Luís Hidalgo
Ampliación del artículo sobre calendarios perpetuos publicado en Diciembre 2010.

Rayos de sol para medir el espacio. De Rogelio Meléndez
Disertación sobre la utilidad de los rayos solares para medir distancias.

Sobre el reloj de sol de El Retiro de Churriana. De Francisco Javier Albertos
Historia de este emblemático reloj múltiple.

Cinco mineros de El Bierzo. De Josep Mª. Val Soriano
Reconocimiento a la obra de cinco gnomonistas mineros.

Resumen del discurso de ingreso de Francisco Javier Albertos en su nombramiento como Académico corresponsal en Barcelona de la Real Academia de San Telmo de Málaga.

Poema gnomónico. De Antonio Barceló



TALLER DE BRICOLAJE

Reloj de luna

Por Francesc Clarà

Aunque los relojes de luna sean poco útiles, ya que debido a la débil luz de la luna solo funcionan durante parte del ciclo lunar y aun con la condición de que estén situados en lugares sin contaminación lumínica, hacia tiempo que me rondaba por la cabeza la idea de construir uno de ellos para ir completando mi colección de maquetas.

Para empezar, sabiendo que la luna no tiene luz propia, y que simplemente refleja la luz del sol, intenté comprender la mecánica celeste que rige los movimientos relativos de estos dos cuerpos y como los percibimos nosotros vistos desde la tierra.

Básicamente consideré los siguientes parámetros:

1º - Tomando el sol como referencia, la tierra completa una vuelta a su alrededor en 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45 segundos (**año trópico o solar**). Visto desde la tierra, el sol se desplaza aparentemente por una órbita que llamamos eclíptica cuyo plano tiene una inclinación de 23º 26' respecto al plano del ecuador terrestre.

2º - También con referencia al sol, la luna completa una vuelta alrededor de la tierra en 29 días, 12 horas y 44 minutos (**mes sinódico o lunación**) y el plano de su órbita está inclinado 5º 09' respecto al plano de la eclíptica.

3º - Vistos desde la tierra, tanto el sol como la luna aparentan desplazarse de Este a Oeste, pero debido a sus posiciones relativas y a las diferentes velocidades de traslación en sus respectivas órbitas, la luna se retrasa diariamente 48 minutos respecto al avance del sol.

Estas diferencias de los ángulos horarios de la luna respecto al sol son la causa de que la luna tenga un aspecto variante según sea la parte iluminada que de ella veamos. Es lo que llamamos **“fases de la luna”**.

Llamamos **“luna nueva”** a la coincidencia angular de la luna con el sol. Cuando esto ocurre, el sol y la luna están en **“conjunción”** y la luna no es visible por nosotros porque el sol ilumina justamente su cara opuesta a la tierra.

Llamamos **“edad de la luna”** a los días transcurridos a partir de la luna nueva. Aunque una lunación dura unos veintinueve días y medio, en los relojes lunares, para simplificar, es costumbre asignar al ciclo lunar una duración de 30 días.

Como la luna respecto al sol se retrasa 48 minutos diarios, a los 15 días de edad la luna acumulará un retraso de exactamente 12 horas.

$$(48 \text{ minutos} \times 15 \text{ días} = 720 \text{ minutos} = 12 \text{ horas})$$

Este día la luna y el sol están en **“oposición”** ya que la diferencia de sus ángulos horarios es de 180º y el sol ilumina completamente la cara de la luna que mira a la tierra. Es lo que llamamos **“luna llena”** o plenilunio.

Durante la noche de este día, cualquier reloj de sol iluminado por la luz de la luna señalará correctamente las horas si se tiene en cuenta el desfase de doce horas, así cuando señale las 12 del mediodía serán las 12 de la noche, las 3 de la tarde serán las 3 de la madrugada, etc.

Desgraciadamente, los relojes de sol solo funcionan una noche al mes como relojes de luna.

Por supuesto que se puede añadir a los relojes de sol una tabla de corrección que nos indique las horas y minutos que hay que restar o sumar a cada día del ciclo lunar (según sea antes o después del plenilunio) para hallar la hora correcta a partir de la hora señalada por la luz de la luna. En la Figura 1 pueden verse dos relojes de esta clase con estas tablas de corrección incorporadas.

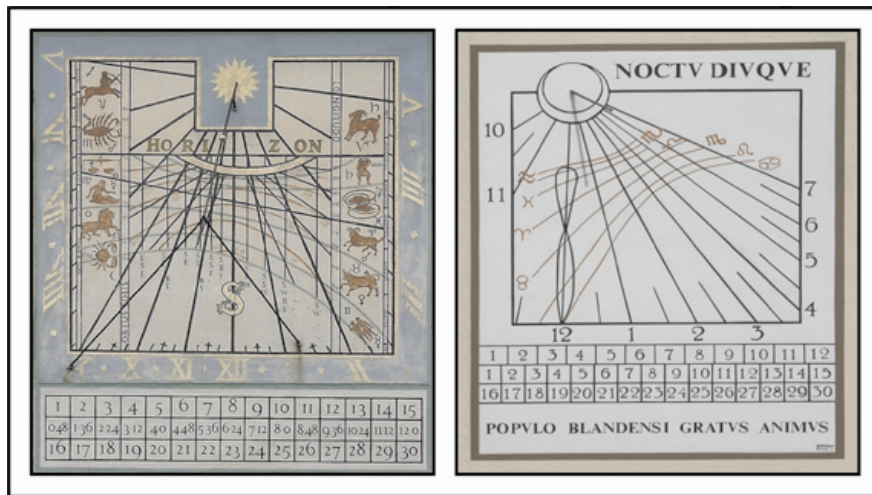


Figura 1

Aunque, según mi opinión, estos relojes de sol no deberían ser considerados unos verdaderos relojes de luna.

Hasta aquí la teoría. A la práctica calcular y construir un autentico reloj de luna, que además sea cómodo de consultar, no es tarea fácil.

Debido a la escasa intensidad de la luz reflejada por la luna al principio y al final del ciclo lunar, un reloj de luna prácticamente solo es operativo unos ocho días antes y ocho días después del plenilunio, o sea entre los días 7 al 23 de la edad de la luna.

En la Figura 2 he representado un posible reloj de luna “verdadero” en el que en color rojo he dibujado y numerado los 17 semicírculos que corresponden a cada uno de los días útiles y en color negro he dibujado y numerado los 13 segmentos de líneas sensiblemente espirales que se corresponden con las horas que van desde las seis del anochecer a las seis de la madrugada.

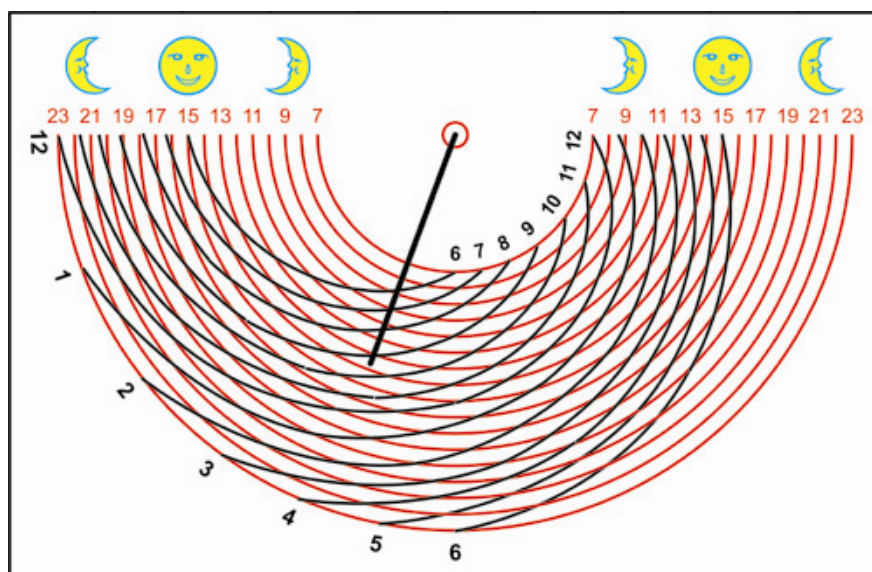


Figura 2

El resultado es una estética telaraña en la que hay que leer las horas sobre el semicírculo rojo correspondiente al día de la edad de la luna, en su intersección con la línea espiral horaria negra sobre la cual coincide la sombra proyectada por el gnomon.

Si es complicado diseñar un reloj de estas características, mas complicado y engorroso resulta a la hora de consultarlo, y eso sin tener en cuenta que los 48 minutos diarios de retraso de la luna no se produce a “saltos” de un día al siguiente sino de una manera continua y uniforme a través del tiempo por lo que, para ser exactos, algunas noches, según la hora a que consultemos el reloj, seria necesario leer la hora en el intermedio de los semicírculos de dos días consecutivos.

Pensando pues en como construir una maqueta de reloj de luna que fuera fácil de consultar, recordé que en el Encuentro Gnomónico de Murcia del año 2003 visitamos, entre otros, un curioso reloj polar cilíndrico al que un simple mecanismo permitía que girase libremente sobre el gnomon y al tener las líneas horarias uniformemente repartidas, con solo girarlo 15° en sentido horario, en vez de la hora solar señalaba la hora oficial de invierno (una hora adelantada) y con 15° más, la hora oficial de verano (dos horas adelantadas). Figura 3.



Figura 3

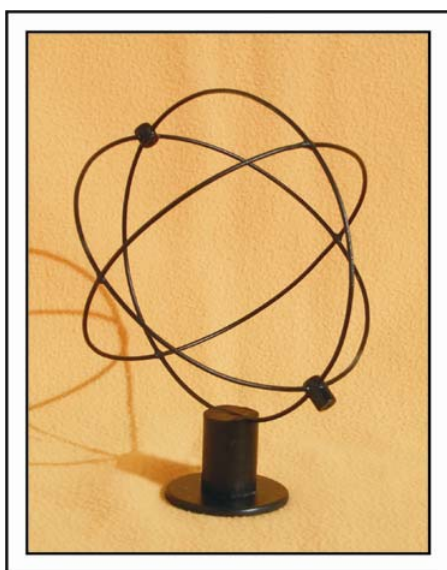


Figura 4

Fue entonces cuando se me ocurrió la idea de adaptar un reloj polar cilíndrico para que funcionara como un reloj lunar haciéndolo girar cada día del ciclo lunar 12° en sentido anti horario (la luna se retrasa 48 minutos cada día).

(360 grados / 30 días ciclo lunar = 12 grados diarios)

Tenia en mi “almacén” una esfera armilar de unos 16 cm. de diámetro que, sin ningún objetivo concreto, había construido tiempo atrás con alambres y un soldador, que venia que ni pintada para mi propósito. Figura 4.

Con el mismo alambre de 3 milímetros y unos recortes de tubo de plástico de 11 cm. para las dos escalas horarias cilíndricas, construí la parte móvil del reloj, de forma que adaptándose al interior de la esfera, la varilla del gnomon sirviera de eje de giro de todo el conjunto. Figura 5.

En el extremo superior del gnomon fijé un disco-calendario con las edades de la luna, Figura 6, de forma que al girarlo para hacerlo coincidir con el día del ciclo lunar correspondiente al momento de la observación,

girase también la parte móvil con las escalas horarias del interior de la esfera armilar. Este sistema de giro permite además afinar al máximo el volteo del reloj para adaptarlo, si es necesario, al retraso real de la luna en el transcurso de las diferentes horas de una misma noche.

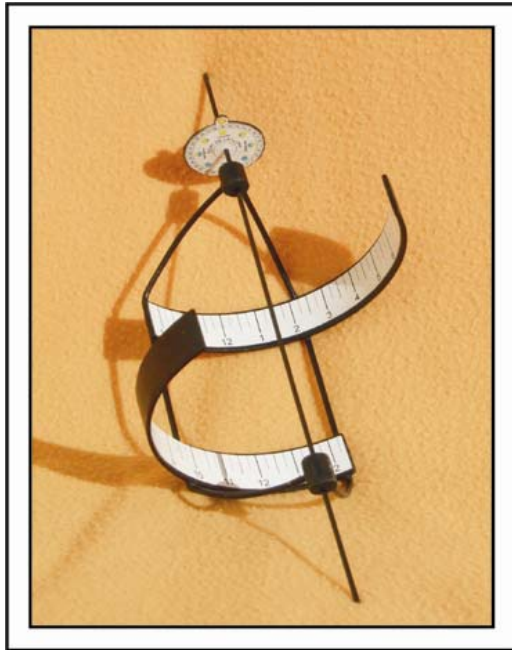


Figura 5

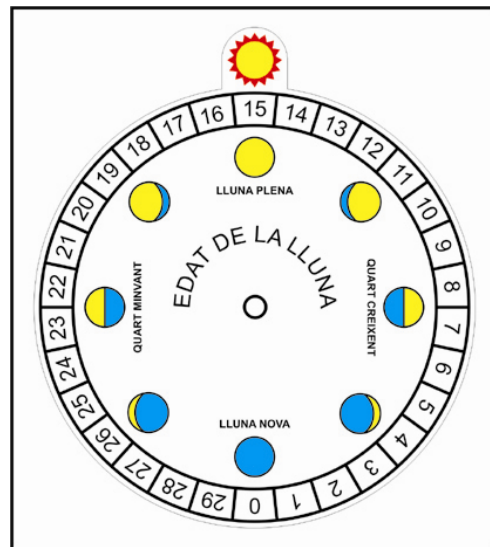


Figura 6

Al diseñar la maqueta, calculé previamente la distancia mínima de separación necesaria entre las dos escalas horarias, para que al girarlas, la sombra proyectada por la parte superior de una no impidiera la lectura de la hora en la parte interior de la otra. Para ello tuve en cuenta no solo la máxima y mínima declinación solar sino también la suma o resta de la declinación propia de la luna. [Figura 7.](#)

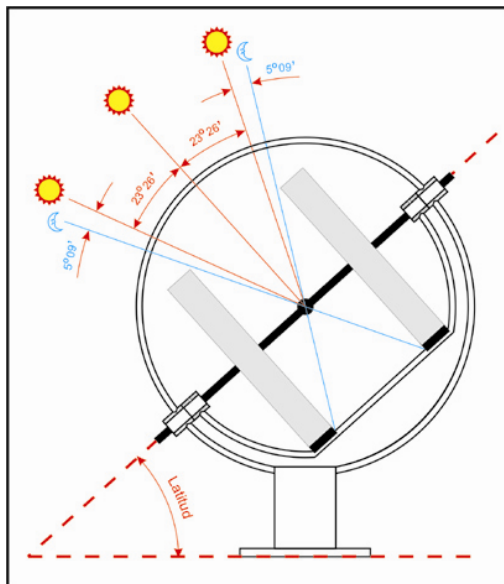


Figura 7



Figura 8

Finalmente, después de algunos ensayos y correcciones, quedó felizmente terminada la maqueta del **Reloj de Luna** que faltaba en mi colección, como podéis ver en la [Figura 8](#) con la que finalizo el presente Taller de Bricolaje.

RELOJ POLAR TRIESTILAR UNIVERSAL

Por Luís Hidalgo Velayos

El objetivo al escribir estas líneas es ampliar y, sobre todo, corregir los errores de transcripción y copia contenidos en el artículo titulado “Reloj Polar Triestilar” de la revista Analema Nº 15, páginas 13 a 16.

En la misma revista, en el nº 29 dedicado a los relojes Proyectivos, se cita la proyección sobre un plano Polar, del que se hará una descripción con un dibujo mas claro que el que allí se expuso.

Generalidades.

En Gnomónica se conoce por reloj Polar, al que tiene el plano de recepción de las horas paralelo al eje Norte – Sur de la Tierra, o dicho de otra manera, a un reloj direccional cuyo estilo forma con el plano horario un ángulo de 0° .

De los infinitos planos paralelos al eje (N-S) solo se han utilizado en Gnomónica, como cuadrantes solares, los cuadrantes verticales orientales y occidentales y el propiamente denominado Polar, que es aquel que está situado en un plano paralelo al eje terrestre y que lógicamente con respecto al horizonte forma un ángulo igual a la latitud local, siendo ortomeridiano, lo que equivale a decir que no hace ninguna declinación y por lo tanto la traza de la línea de las XII solares, es coplanaria con la meridiana.

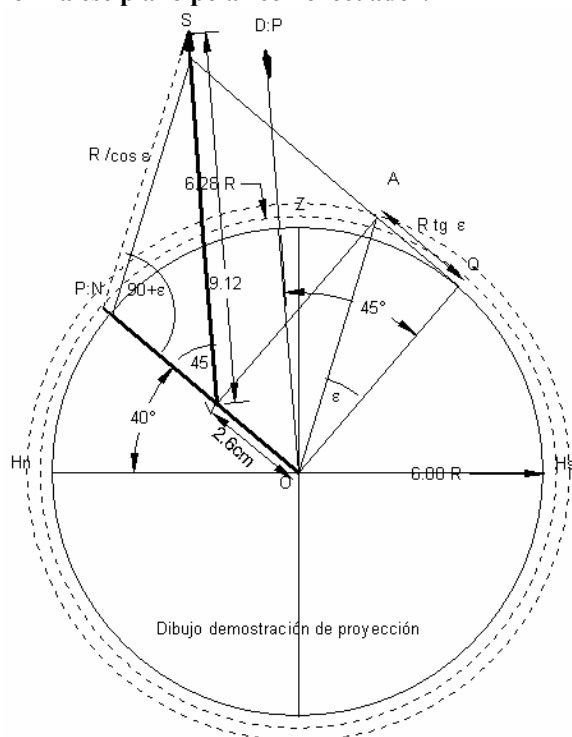
Se trata de construir un polar “clásico” (bien conocido por todos los aficionados) al que se le añade un Foster Lambert y un Analemático rectilíneo.

Con este proceder el conjunto reúne una serie de ventajas como son:

- Auto-orientación, siendo innecesaria la incorporación de brújula,
- La posibilidad de transformar la hora solar en hora oficial y
- Su utilización en cualquier latitud, de tal modo que se puede hablar de su universalidad.

La propiedad de auto-orientación, basada en la utilización de dos sistemas de medida, el ángulo horario y el azimut, nos facilita no solo la información temporal sino también la espacial, ya que el Norte geográfico está alineado con la línea de las XII horas, comportándose en este sentido como una brújula solar. En resumen, podemos hablar de un reloj completo y versátil.

Proyección sobre un plano polar de un lugar en dirección paralela al plano bisector del diedro que forma ese plano polar con el ecuador.



Cuando se efectúa este tipo de proyección se observa que el ecuador y el plano polar son homólogos, dada su simetría especular con respecto al plano bisector, por lo que en el plano polar se establecerá una simetría exacta del ecuador y con la misma clase de horas, que como en aquel, tendrá horas homogéneas y separadas 15° entre si, lo cual facilitará la conversión de hora solar a la hora oficial. Es el caso descrito por Foster y Lambert.

A la vista del dibujo se deben calcular:

- La inclinación del estilo sobre el plano de proyección (Polar)
- La semiescala de desplazamiento del estilo
- La longitud mínima para que toque a la circunferencia en las peores condiciones (21Junio)
- Y las horas dentro de la corona horaria (Iluminación)

Inclinación estilo VS sobre el plano polar: 45°

Semiescala del desplazamiento del estilo:

$OV = QA = R \operatorname{tg} \varepsilon$ (Siendo ε la declinación máxima del sol 23.44°)

Longitud mínima del estilo VS:

En el triángulo V P N S se conocen dos ángulos y un lado. El lado V P N = O A = $R / \cos \varepsilon$, el ángulo S V P N, que vale 45° y el otro ángulo V P N S = $90 + \varepsilon$.

Estableciendo el teorema de los senos de la trigonometría plana, se puede escribir que $[(R / \cos \varepsilon)] / \sin 45^\circ = L / \sin (90 + \varepsilon) = L / \cos \varepsilon$

Operando y simplificando tenemos que $L = R / \sin 45^\circ$

Hacemos la observación de que esta fórmula con un radio interior de la corona de 6 cm, da una longitud del estilo de 8,58 cm; pero pondremos un radio algo mayor 6,28 cm, para el cual la longitud será de 9,12 cm, longitud mínima para que el 21 de Junio la sombra toque la corona horaria en las XII.

Las horas están separadas cada 15° , y el sentido creciente es el de las agujas del reloj. Empiezan a las 6h solares y acaban a las 18h también solares, que se prolongan hasta las 20 h 15m (corregidas las dos horas de adelanto en primavera verano, mas la longitud, si es al Oeste) y mas o menos según la ecuación del tiempo E.T.

Por lo tanto, debemos preguntarnos cuales son las horas de insolación que se deben de grabar en la cara superior de este cuadrante polar Foster Lambert, hecho para una latitud local de 40.4° N (Madrid). Hechas las oportunas deducciones se sabe que en el solsticio de verano, la hora mas temprana es la de las 6 de la mañana y durará hasta las 18 horas solares; en los equinoccios exactamente igual, pero en el solsticio de invierno se iluminará desde 7h 27m hasta las 16h 33m, hora siempre solar.

Hasta ahora se ha tratado de un caso muy particular, que es la proyección en un plano polar correspondiente a un emplazamiento local en Madrid, mientras que el título de encabezamiento lleva el nombre de universal.

Para lograr dicha universalización, debemos recurrir a la reducción de dicho plano a otro lugar del globo terráqueo donde ese plano sea horizontal.

De un modo intuitivo y siguiendo el dibujo precedente, si desplazamos el plano polar, paralelamente así mismo y perpendicular a OQ, toca a la circunferencia tangencialmente en el punto Q (Ecuador terrestre) donde es horizontal, punto muy critico donde la latitud $\varphi = 0^\circ$.

De forma analítica se puede llegar al mismo resultado resolviendo un triángulo esférico, en el que se conocen dos lados ($90 - \varphi$) e i (inclinación) y el ángulo comprendido ($180 - D$) siendo D la declinación gnomónica, que al ser ortomeridiano, no tiene declinación y por lo tanto es 0° .

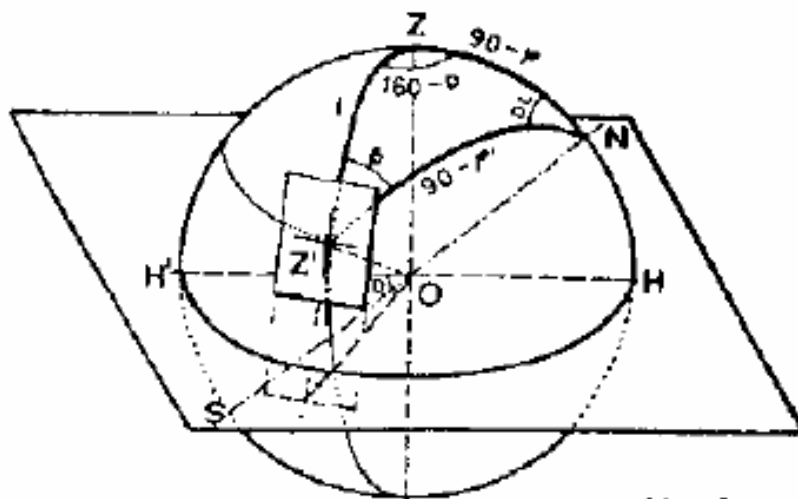
Aplicando el teorema del coseno de la trigonometría esférica:

$$\cos (90 - \varphi') = \cos (90 - \varphi) \cos i + \sin (90 - \varphi) \sin i \cos (180 - D)$$

de donde se obtiene la conocida fórmula:

$$\sin \varphi' = \sin \varphi \cos i - \cos \varphi \sin i \cos D$$

aplicando los valores de $D = 0^\circ$ y $\varphi = i$, tenemos $\sin \varphi' = 0^\circ$ y $\varphi' = 0^\circ$ (Ecuador)



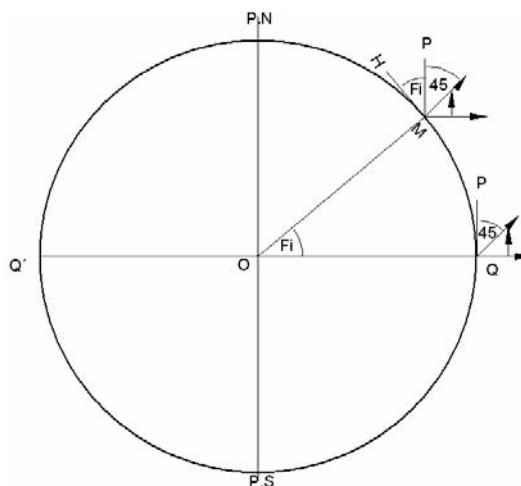
Esta ecuación se puede generalizar, expresando que en cualquier latitud, el plano polar tendrá su equivalente horizontal en el Ecuador.

Justificación

No es mi intención la demostración de las fórmulas que se van a utilizar por lo que solo nos limitaremos a justificar el cuadrante.

Supongamos que deseamos construir un Foster Lambert, un analemático y un horizontal en un punto muy crítico, como el Ecuador terrestre, cuya latitud es $\varphi = 0^\circ$ en su plano horizontal y que una vez contruidos los trasladamos a otro punto de la tierra siguiendo el meridiano pero paralelamente a su posición primitiva. Por poner un ejemplo lo trasladamos a Madrid $\varphi = 40.4^\circ$ N.

Actuar de esta manera equivale a inclinarlo, o mejor dicho a elevarlo, sobre el horizonte de Madrid un ángulo de 40.4° , puesto que $PMH = QOM$.



Evidentemente no se ha modificado para nada el dibujo de los relojes que previamente se habían trazado para el Ecuador. Operando de este modo, con la maniobra de elevación del ángulo φ obtenemos el Foster, el Analemático y el Horizontal sobre un plano horizontal en el Ecuador, ahora convertido en plano polar en Madrid; todo se ha reducido al diseño de los relojes en el Ecuador, sobre un plano horizontal y el plano de recepción horario elevarlo sobre el horizonte del lugar del nuevo emplazamiento, un ángulo igual a la latitud del punto de utilización.

1º Foster Lambert en un plano horizontal y en una latitud φ :

- a - Inclinación del estilo $i = (90 + \varphi) / 2$
- b - Desplazamiento del estilo Semiescala $d = R \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{tg} [(90 - \varphi) / 2]$ $\varepsilon = 23.44^\circ$ δ máxima del sol
- c - Longitud mínima del estilo $L = R \cos (\varphi - \varepsilon) / \cos \varepsilon \operatorname{sen} [(90 + \varphi) / 2]$
- d - Las líneas horarias descansan sobre una corona circular de radio interior R, estando separadas por un intervalo angular de 15° , al ser homogéneas se puede hacer la corrección a la hora oficial.
- e - Iluminación Arco semidiurno $\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varepsilon$.

2 Analemático en un plano horizontal en una latitud φ :

- a - Inclinación del Gnomon sobre el plano horizontal $i = 90^\circ$ (perpendicular al plano)
- b - Eje menor de la elipse $2b = 2R \operatorname{sen} \varphi$
- c - Eje mayor de la elipse $2a = 2R$
- d - Semiescala del desplazamiento del Gnomon $d = R \operatorname{tg} \varepsilon \cos \varphi$
- e - Longitud mínima del Gnomon $L = R \cos (\varphi - \varepsilon) / \cos \varepsilon$
- f - Puntos horarios sobre el eje mayor de la elipse $x = R \operatorname{sen} t$ (t es el ángulo horario de 15° , 30° , 45° etc.. 90° .) y sobre el eje menor $y = \operatorname{sen} \varphi \cos t$
- g - Iluminación Arco semidiurno $\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varepsilon$

3 Horizontal en un punto de latitud φ :

- a - Inclinación del estilo $i = \varphi$
- b - Angulos horarios con respecto a la línea de las XII $\operatorname{Tg} x = \operatorname{tg} t \operatorname{sen} \varphi$
- c - Estilo fijo anclado en el polo del reloj
- d - Iluminación. Arco semidiurno $\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varepsilon$

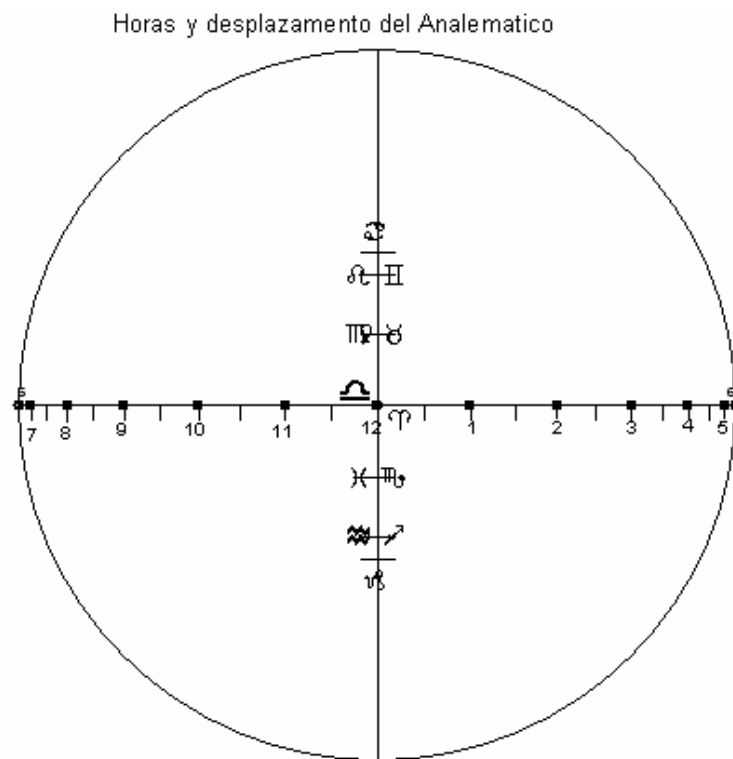
Como se piensa construirlos en el Ecuador cuya latitud $\varphi' = 0^\circ$, solo tenemos que sustituir ese valor en las fórmulas generales anteriormente dadas, convirtiéndose en:

1 Foster Lambert en un plano horizontal y en una latitud $\phi = 0^\circ$

- a - Inclinación del estilo $i = 90/2 = 45^\circ$
- b - Desplazamiento máximo (semiescala) $= R \operatorname{tg} \varepsilon$
- c - Longitud mínima del estilo $L = R / \operatorname{sen} 45^\circ$
- d - Iluminación Arco semidiurno. Para cualquier valor de la declinación solar (δ) $\cos t = 0^\circ$; y $t = 90^\circ / 15^\circ = 6 \text{ horas}$
- e - Líneas horarias Sobre una circunferencia, homogéneas y separadas entre si cada 15°

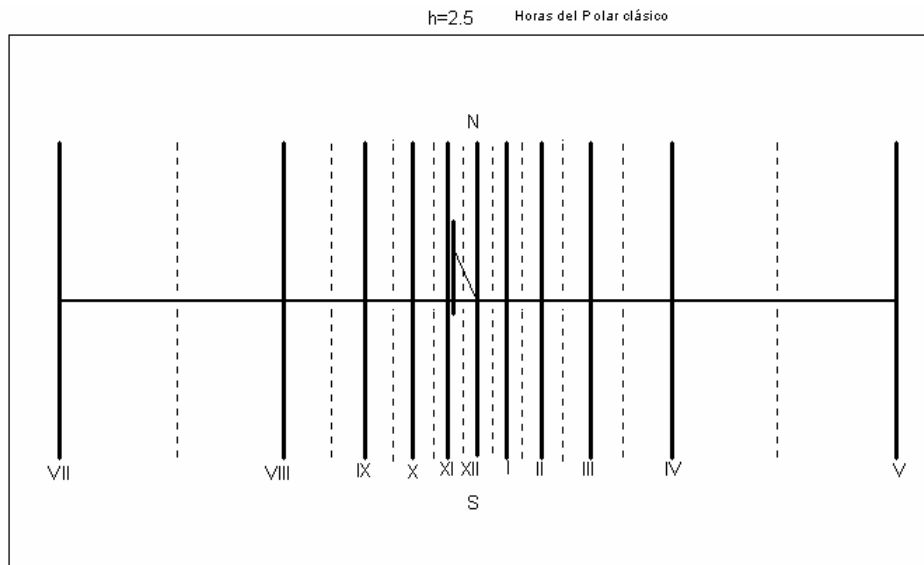
2 Analemático en un plano horizontal y en una latitud $\phi = 0^\circ$:

- a - Inclinación del gnomon $i = 90^\circ$
- b - Eje menor de la elipse $2b = 0^\circ$ La elipse se convierte en una recta
- c - Eje mayor de la elipse $2a = 2R$
- d - Desplazamiento máximo del gnomon Semiescala $d = R \operatorname{tg} \varepsilon$
- e - Líneas horarias sobre el eje mayor $x = \operatorname{sen} t$ (t es el ángulo horario) $y = 0^\circ$
- f - Iluminación Arco semidiurno $= 6 \text{ horas}$



3 Horizontal en el Ecuador $\phi' = 0^\circ$

- a - Inclinación de estilo polar $i = 0^\circ$ (Paralelo al plano horizontal)
- b - Líneas horarias $x = 0^\circ$ (todas paralelas a la línea de las XII y separadas de ella una distancia $d = h \operatorname{tg} t$)
siendo h la altura del ortoestilo y t el ángulo horario de $15^\circ, 30^\circ$ etc). Se hace la observación de que la hora correspondiente a $t = 90^\circ$ no la puede recoger el cuadrante, porque es paralela al horizonte y la distancia d se iría al infinito.



Del estudio de estas fórmulas se puede deducir:

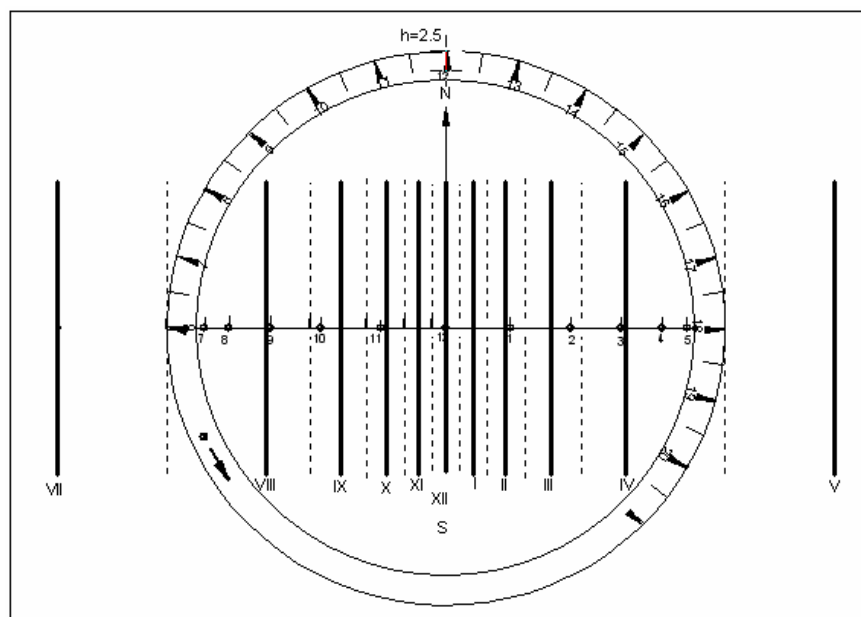
1 - Que las escalas de desplazamiento del estilo del Foster y del gnomon en el analemático son idénticas, por lo que no hay necesidad de reducción a una sola, variando los radios. Por consiguiente el valor del círculo en el Foster y el semieje mayor en el analemático, tienen el valor R.

2 - Que en el Analemático, como el eje menor de la elipse se va aplastando conforme disminuye el valor absoluto de ϕ , que, al llegar al valor de $\phi = 0^\circ$, el eje menor es 0° y así se convierte la elipse en una recta de longitud $2R$ (Analemático Rectilíneo)

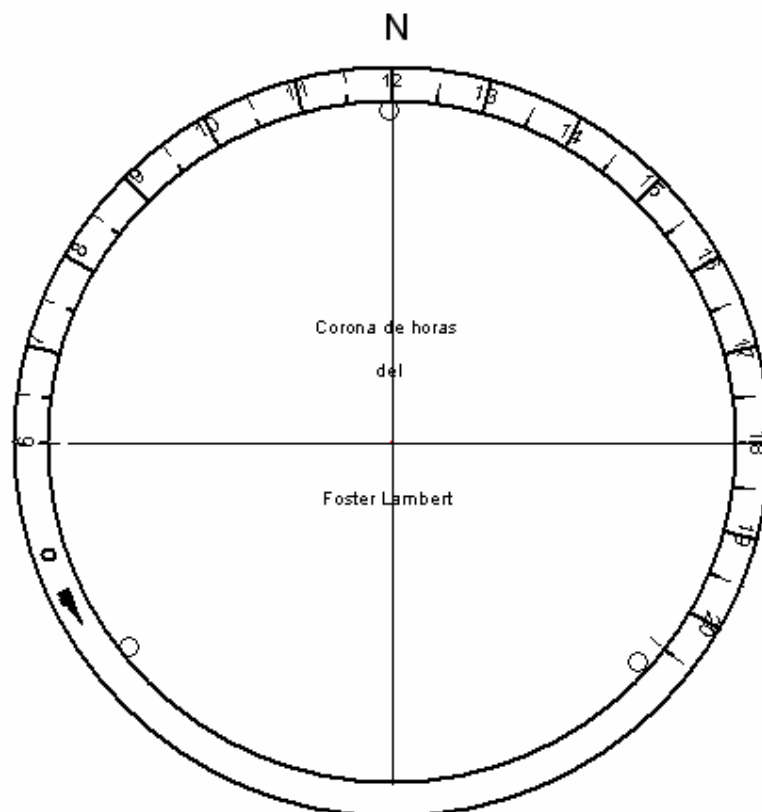
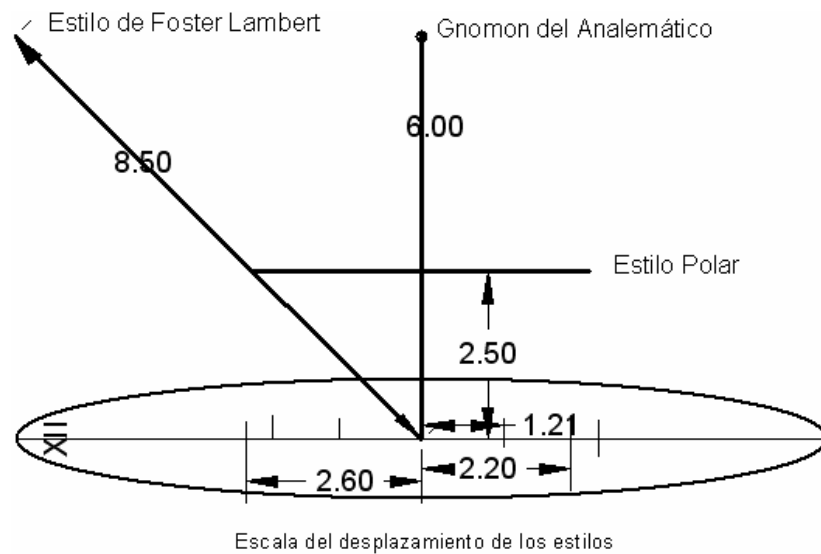
3 - Que el arco semidiurno en el Ecuador sea cual fuera la declinación solar, es de 6 horas y que la insolación durante todo el año es el doble del arco semidiurno, es decir, de 12 horas. Esto no quiere decir que cuando se traiga a Madrid, por ejemplo, y el cuadrante reciba los rayos solares paralelos al cuadrante del Ecuador tenga la misma insolación que éste, porque para que esto suceda y el cuadrante capte las horas, será condición necesaria que el sol ilumine la cara superior del mismo y además que a las 6h y 18horas haya sol. Así sucede que durante el verano y equinoccios, se cumple que la iluminación es de 12h pero no así, en el solsticio de invierno que es de 9 horas

Dibujo que muestra la faz del cuadrante con las 3 diferentes horas.

Aplicando a las formulas correspondientes y dando el valor de $h = 2.5$ cm.y $R = 6$ cm. se ha confeccionado el siguiente dibujo:



Dibujo de la Escala y los tres estilos

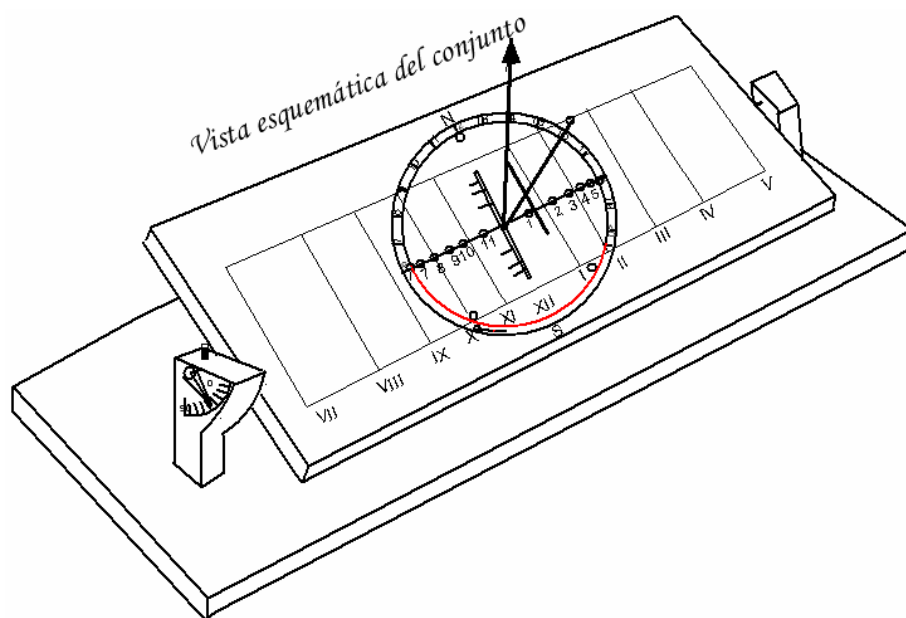


En el dibujo se puede observar la existencia, en el cuadrante inferior izquierdo, de un “tirador” y una flechita que indica la dirección de giro de la corona, cuando se trata de convertir la hora solar verdadera en hora oficial.

La numeración se ha limitado a las 20h 30m. para la latitud de Madrid.

Utilización

Se debe comprobar la horizontalidad del plano de aplicación con el nivel de burbuja o si se carece de él, con un nivel de carpintero aplicándolo sobre la superficie en dos direcciones ortogonales. Seguidamente se dispone el plano basculante conforme a la latitud del lugar de emplazamiento mediante la escala graduada en grados de 0° - 90° y se fija con el tornillo prisionero. A continuación se llevara el conjunto triestilar sobre la fecha que le corresponda en la escala de desplazamiento de las fechas



Una vez realizada esta última operación se le dejará reposar en la superficie horizontal nivelada y se dispondrá de tal modo que su cara anterior, o faz, encare sensiblemente al Sur. Después se girará suavemente hasta que las sombras arrojadas por los tres estilos marquen la misma hora. En ese momento estará correctamente orientado el cuadrante y la línea de las XII apuntará directamente hacia el polo Norte celeste y estará en condiciones de indicar en lo sucesivo la hora solar verdadera o local.

Si se desea transformar esta hora local en la hora oficial, solo tendremos que hacer girar la corona horaria del Foster - Lambert hasta que la sombra marque la hora oficial dada por el reloj de pulsera, con lo que se consigue que durante el resto de la jornada tengamos las dos clases de hora, la solar verdadera y la oficial.

Evidentemente como la ecuación del tiempo es fluctuante, cada dos o tres días tendríamos que corregirlo.

Para mayor claridad pongamos un ejemplo de su uso para utilizarlo en Madrid $\phi = 40.4^{\circ}$ N y $\lambda = 15$ m. W, en el día 21 de Junio.

Cuando en ese día la hora solar, dada en los tres relojes marquen las 9 horas solar verdadera, nuestro reloj de pulsera debe marcar las:

$9h + 2h \text{ de adelanto} + 15m \text{ por longitud} + 1m \text{ de E.T.} = 11h 16m.$

Luego habrá que girar la corona horaria del Foster - Lambert hasta que la sombra arrojada por su estilo 9h ahora, marque las 11h 16m. Si no se toca la corona y se deja en esa posición, durante el resto del día estará dando la hora oficial y también durante unos dos o tres días más.

La combinación de tres cuadrantes en uno solo hace que, además de tener las ventajas ya citadas, subsane los inconvenientes que tendrían por separado; como las limitaciones (del polar clásico) en las primeras y últimas horas, VI –V II AM y V – VI PM, y la imposibilidad de dar las horas en los equinoccios (el cuadrante analemático) o la falta de discriminación del mismo, que hace difícil la lectura, entre 6-7h AM y 5-6h PM, ya que están casi juntas, como se aprecia en el dibujo. La inclusión del Foster compensa estos defectos.

Sin embargo este cuadrante descrito en la cara anterior del plano polar no es capaz de captar las horas anteriores a las 6h AM y las posteriores a las 6h PM en la época veraniega.

Se comentó con anterioridad, que la insolación en el ecuador durante todo el año es de 12 horas diarias, pero como el plano trasladado a otro lugar es el mismo que el del Ecuador, la insolación será la misma, es decir 12 horas. Como en nuestras latitudes la insolación máxima es de 15h (21 de Junio) hay 1h y media anterior a las 6 de la mañana y otra hora y media después de las 6 de la tarde que no son recogidas por el cuadrante. Este inconveniente se puede subsanar dotando al plano polar, en la cara posterior del mismo, de un Foster y la prolongación de su estilo. Naturalmente el sentido de giro y la numeración de las horas estarán invertidos. Aquí el sentido de giro es contrario a las manillas del reloj convencional mecánico.

FENÓMENOS DE LA LUZ SOLAR EN ROSETONES O VENTANALES

CÁLCULO DE SU PREDICCIÓN

Por Rafael Soler Gayà

Objeto del estudio.-

La incidencia del sol en ciertos huecos de fachadas da lugar a curiosidades como, por ejemplo, la que acontece en la catedral de Palma de Mallorca en relación con los rosetones de su nave principal, de diferente diámetro y con diferentes alturas de sus centros, situado el más grande sobre el altar mayor en la cabecera (ver figura nº 1) y el más pequeño en el otro extremo sobre el portal renacentista (ver figura nº 2).



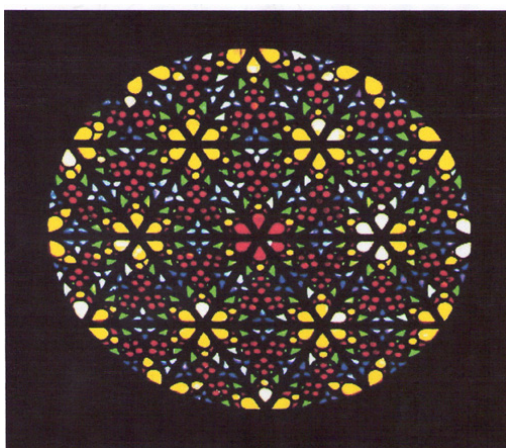
FIG Nº 1.- ROSETÓN MAYOR EN LA CABECERA DE LA CATEDRAL EN SU PARTE ESTE.



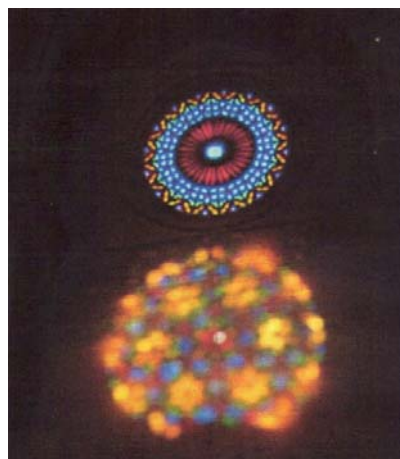
FIG Nº 2.- ROSETÓN MENOR SOBRE EL PORTAL DE LA CATEDRAL EN SU PARTE OESTE.

La curiosidad, muy celebrada y motivo de nutridas visitas, estriba en que dos días al año, el once de noviembre, festividad de San Martín, y el dos de febrero, festividad de la Candelaria, se proyecta la incipiente luz del sol filtrada por los vidrios multicolores del rosetón mayor (ver figura nº 3), en el muro interior, bajo el rosetón menor, también de vidrios multicolores dando lugar el conjunto de los dos círculos a un espectacular ‘ocho’ de multitud de luces (ver figura nº 4). Otro fenómeno lumínico se produce en los alrededores de Navidad y consiste en que la luz del sol, también con entrada por el rosetón mayor, incide sobre el menor en los primeros momentos del día dando, sobre el fondo oscuro de la fachada, una impresionante visión (ver figura nº 5).

Se han dado diversas opiniones para explicar este fenómeno del “ocho” de luces no faltando quien sugiere la posible intencionalidad de los primitivos proyectistas de la catedral de que así ocurriera. Pero más bien parece- como apuntan los autores del informe de miembros de la *Societat Balear de Matemàtiques*- que el acontecimiento es independiente de la voluntad de los prístinos proyectistas, quienes, acaso, pretendieron orientar la catedral hacia el orto del solsticio de invierno (Navidad) y abona esta tesis el segundo fenómeno antes descrito. Jaime I inició la catedral en el siglo XIII sobre una primitiva mezquita abandonando su preceptiva orientación hacia La Meca, como aún tiene la fachada oriental del actual campanario, cuya base puede coincidir con la del antiguo minarete, con acusada divergencia con el rosetón mayor.



**FIG N° 3 .- ROSETÓN MAYOR DE LA CATEDRAL
SITUADO SOBRE EL ALTAR MAYOR**



**FIG N° 4 .- PROYECCIÓN DEL ROSETÓN
MAYOR EN EL INTERIOR BAJO EL MENOR**

Se trata aquí de estudiar como puede predecirse este tipo de fenómenos en cualquier edificio, y cualquiera sea el hueco por el que penetra la luz solar directamente o filtrada por cristales transparentes, que no translúcidos (que la retienen). Para ello, a partir de los datos geométricos del caso (distancia en planta d entre el punto central de entrada de la luz solar y el de incidencia, diferencia de alturas Δh entre dichos puntos, y azimut β definido por el plano vertical que contiene dichos puntos) y geográficos del lugar (su latitud ϕ y su longitud λ) se hallan la declinación solar α del momento en que ocurre el suceso (y a través de dicho dato las fechas del año) y el ángulo horario ε en que se produce (y a su través la hora de nuestros relojes de pulsera).



**FIG N° 5 .- VISTA DEL ROSETÓN MENOR POCO DESPUÉS DEL AMANECER UNOS DÍAS ANTES DEL
SOLSTICIO DE INVIERNO ILUMINADO POR LA LUZ FILTRADA POR EL ROSETÓN MAYOR
OPUESTO**

Se comenzará deduciendo las correspondientes fórmulas y, seguidamente, se aplicarán a los casos descritos de la catedral. Cabe observar que en estos ejemplos de aplicación se han utilizado datos obtenidos de los planos de Google Earth o de Internet (Catedral de Palma de Mallorca), estos últimos con fuentes que se ofrecen poco fiables, e incluso aparentemente contradictorias, cuando no imprecisas, por lo cual las aplicaciones deben entenderse como ejemplos de cálculo pudiendo los resultados diferir algo de la realidad si no se han interpretado bien los datos de partida, en parte de difícil obtención directa.

Deducción de las fórmulas.-

Para facilitar al lector la comprensión de las explicaciones que siguen se reseñarán, acto seguido, los significados de la simbología utilizada.

β = azimut del sol en el momento de producirse el fenómeno	ε = ángulo horario en el momento de producirse el fenómeno
α = declinación solar en el mismo momento	o = altura solar con refracción en el mismo momento
o' = altura solar sin refracción en el mismo momento	ϕ = latitud geográfica del lugar
Δh = diferencia de alturas entre centro de entrada de la luz y centro de opuesto de incidencia	λ = longitud geográfica del lugar
d = distancia en planta entre centro del hueco de entrada de la luz y centro del opuesto de incidencia	N = n° de días desde inicio del año
σ = ángulo que forma el rayo solar con la meridiana en el orto (azimut solar)	Ángulo de declinación solar del solsticio de invierno: $\alpha = -23^\circ 27'$

Conforme es bien conocido¹, y con el significado de los parámetros que ya ha sido expuesto, el azimut del sol viene expresado por²:

$$\operatorname{tg} \beta = (\operatorname{sen} \varepsilon) / (\operatorname{sen} \phi \cos \varepsilon - \cos \phi \operatorname{tg} \alpha) \quad \text{que puede ponerse en la forma:}$$

$$\operatorname{tg}^2 \beta (\operatorname{sen} \phi \cos \varepsilon - \cos \phi \operatorname{tg} \alpha)^2 = 1 - \cos^2 \varepsilon \quad (1)$$

La altura solar viene expresada por³:

$$\operatorname{sen} o = \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \alpha + \cos \phi \cos \alpha \cos \varepsilon \quad \text{que puede ponerse en la forma:}$$

$$\cos \varepsilon = (\operatorname{sen} o - \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \alpha) / (\cos \phi \cos \alpha) \quad (2)$$

y la sustitución del valor de $\cos \varepsilon$ de la expresión (2) en la (1) permite eliminar el parámetro ε obteniendo la relación entre los β, ϕ, α y o . Operando- y tras las pertinentes y enojosas transformaciones trigonométricas, que se omiten por brevedad- se llega a la siguiente ecuación de 2º grado en $\operatorname{sen} \alpha$:

$$\operatorname{sen}^2 \alpha - 2 \operatorname{sen} o \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \alpha + (\cos^2 \beta + \operatorname{sen}^2 \beta \operatorname{sen}^2 \phi) \operatorname{sen}^2 o - \cos^2 \beta \cos^2 \phi = 0$$

cuyas raíces- tras realizar las correspondientes transformaciones trigonométricas, que también se omiten por brevedad- adoptan la expresión:

$$\operatorname{sen} \alpha = \operatorname{sen} o \operatorname{sen} \phi (+/-) \cos \phi \cos \beta \cos o \quad (3)$$

Obviamente resultan dos raíces con dos valores para $\operatorname{sen} \alpha$ y ello se comprende pues, consideradas en términos geométricos, corresponden a las intersecciones sobre la bóveda celeste del círculo menor correspondiente a la declinación solar (paralelo al ecuador celeste) que pasa por la intersección del también menor de altura solar en el mismo momento (paralelo al horizonte del lugar), con el círculo máximo vertical del azimut del sol, y estos círculos menores pueden ser secantes (dos soluciones), tangentes (una solución doble) o separados (raíces imaginarias). En función de los demás datos del caso de aplicación se adoptará el valor aplicable.

Obtenido el valor de la declinación solar α en el momento de producirse el teórico fenómeno cabe determinar en que día del año y a que hora se produce. Para un cálculo simple y no muy exacto se puede recurrir a la fórmula aproximada de Cooper la cual relaciona la declinación solar α con los días N del año transcurridos:

$$\alpha^\circ = -23,45^\circ \cos [(360^\circ/365)(N + 10)] \quad \text{de donde resulta:}$$

$$N = (365/360) \arccos [-(\alpha^\circ/23,45^\circ)] - 10 \text{ días} \quad (4)$$

Para determinar la hora de tiempo verdadero del lugar puede aplicarse la fórmula (2) y, para pasar a la marcada por los relojes de pulsera de ordinario utilizada, ha de hallarse la de tiempo medio del huso horario que resulta de convertir la resultante del cálculo a través del ángulo horario ε con la corrección por ecuación de tiempo ⁴, y por longitud ⁵, la $\lambda/15^\circ$ negativa si es Este y positiva si es Oeste, con la adición de una o dos horas según la época del año conforme a las disposiciones gubernativas.

Si se dispone de una tabla detallada de declinaciones solares del año (como pueda ser la del Almanaque Náutico del Instituto Hidrográfico de la Marina) que dan la declinación solar en cada hora de tiempo universal UT, o GMT, día a día, el cálculo puede ser más cómodo y exacto pues con una simple ojeada a la tabla se aprecia en que días el sol tiene la declinación resultante del cálculo. Como la declinación solar experimenta ciertas variaciones de año en año, a determinada hora UT, alcanzando estas del orden de unas decenas de minutos, los resultados pueden cambiar según el año y son válidos para determinar la fecha mas no la hora.

Y antes de pasar a exponer los ejemplos se formularán algunas observaciones sobre la obtención de los valores de los parámetros a utilizar.

Valor de ϕ .-

El valor de ϕ resulta de la exactitud que tenga Δh - a veces difícil de obtener por dificultades de la medición directa- y de la distancia d de más fácil obtención, incluso a través de Google o de Sigpac; con estos datos resulta:

$$\operatorname{tg} \phi = (\Delta h)/d \quad \text{de donde se obtiene } \phi \quad (5)$$

pero si este ángulo es muy pequeño puede ser aconsejable corregirlo por el efecto de refracción de la atmósfera. Cuando no es muy grande el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la atmósfera (el máximo es de 90° en ortos y ocasos) es de ordinario despreciable la diferencia de alturas entre la del rayo que atraviesa el hueco y la del exterior previo al de atravesar la atmósfera, cual es el de la fórmula. Si ϕ' es este último, al tener el índice de refracción del aire, en condiciones normales, el valor de 1,0002926, se tendrá:

$$\operatorname{sen} (90^\circ - \phi') = \cos \phi' = 1,0002926 \operatorname{sen} (90^\circ - \phi) = 1,0002926 \cos \phi \quad (6)$$

que permite conocer el valor de ϕ a utilizar en la fórmula (o sea ϕ') para entrar en la fórmula (3). Estos valores de ϕ' han de ser siempre positivos.

Valor de ϕ .-

Muy fácil de obtener hoy- con gran precisión- a través de Google Earth o de Sigpac.

Valor de β .-

Se puede determinar con relativa exactitud si se cuenta con un muro exterior paralelo al rayo solar con cualquiera de los métodos de usual utilización ⁶ para obtener la declinación de muros verticales en los cálculos de relojes de sol toda vez que el azimut del sol será complementario de la declinación hallada. Si no sucede así el método exige además el cálculo adicional del ángulo que haya de formar el rayo solar con el muro sobre el cual se mide la declinación.

Cuando no se requiere una gran precisión puede recurrirse fácilmente a las fotos casi cenitales de Google Earth o de Sigpac (como se ha hecho en los ejemplos que se exponen) con una precisión del orden de décimas de grado. Téngase presente que, de acuerdo con el convenio de signos el azimut es positivo a partir del mediodía verdadero (por la tarde) y negativo con anterioridad (por la mañana).

Valor de α .-

El valor obtenido ha de estar necesariamente comprendido entre $+ 23,45^\circ$ y $- 23,45^\circ$. Si resultara un valor fuera de estos límites ello significaría que el fenómeno es imposible pues el sol no podría tener nunca esta declinación. Téngase ello en cuenta al elegir el signo de la raíz.

Ejemplos.-

I.- Catedral. Fenómeno del día de San Martín y de la Candelaria.-

Cálculo de la declinación solar.-

Diámetro de rosetón mayor = 11,5 m Diámetro de rosetón menor = 8,1 m

Diferencia de alturas de los centros de los rosetones = 3,4 m

Separación estimada entre círculos iluminados por abocinamiento = 0,8 m

Distancia en planta entre rosetones (sobre foto Google Earth) $d = 76,9$ m

Bajada interior de los rayos solares: $\Delta h = 3,4 + (11,5 + 8,1)/2 + 0,8 = 14,0$ m

Ángulo sin refracción (fórmula 5): $\tan o = 14,0/76,9 = 0,182$ $o = 10,315^\circ$

Por fórmula (6): $\cos o' = 1,0002926 \cdot 0,9838 = 0,9841$ $o' = 10,222^\circ$

Azimut (caballete de la cubierta sobre foto Google Earth): $\beta = -57,0^\circ$

Latitud del lugar (dada directamente por Google Earth): $\phi = 39,567^\circ$

Por fórmula (3): $\sin \alpha = -0,30015$ $\alpha = -17,466^\circ <> -17^\circ 27,6'$

Fechas.-

Arc cos = $+41,856^\circ$ $N = 42,4 - 10$ días = $31 + 1,4$ días (2 febrero)

Arc cos = $+318,144^\circ$ $N = 322,6 - 10$ días = $365 - 31 - 21,4$ días (9 noviembre)

Horas.-

Por fórmula (2): $\cos \varepsilon = 0,50133$ $\varepsilon = -59,912^\circ <> 12 - 3,994$ h = $8,005$ h

Longitud: $\lambda = 2^\circ 38' 55'' <> 2,649^\circ$ Ecuación tiempo: $-13,7'$ (2/2); $16,2'$ (9/11)

Corrección por longitud: $\lambda/15^\circ = 0,1766$ h $<> 10,6'$

Hora de tiempo medio del huso en 2/2: 8 h + $0,3'$ + $13,7' - 10,6' = 8$ h $3,4'$

Hora de tiempo medio del huso en 9/11: 8 h + $0,3' - 16,2' - 10,6' = 7$ h $33,5'$

Hora legal del fenómeno: 9 h 3,4' (día 2/2) y 8 h 33,5' (día 9/11)

Se aprecia que, si bien la fecha de la Candelaria coincide (2 de febrero), no sucede así con la San Martín (11 de noviembre) pues adelanta dos días. Ello se explica por incidir tres posibles causas para la variación, una el carácter aproximado de la fórmula de Cooper, otra la posible diferencia con la realidad, tanto de la altura de los rosetones como de la separación en su proyección en planta y, por último, la variabilidad de la declinación solar, en el mismo día del año, de un año para otro, que llega a ser del orden de un tercio de grado. Además, al relacionar la aparición del suceso con el santoral- de fecha fija- y sin tener en cuenta aquel cambio de la declinación solar, han de entenderse las tradicionales fechas y horas como aproximadas, sin ser idénticos, todos los años, a igual hora, los sitios de proyección de la luz filtrada a través del rosetón mayor. Siendo fijos el azimut y la vertical del centro del rosetón menor tendrá ligeras variaciones, de un año para otro, tanto la hora exacta en que la proyección del mayor se halle en esta vertical como su altura sobre el suelo y consiguiente separación del rosetón menor, con la correspondiente modificación fáctica del ángulo de altura α .

Si en vez de la fórmula de Cooper se utilizasen unas tablas, por ejemplo las del Almanaque Náutico para 2010, que dan el valor de α , hora por hora UT de cada día, se podría observar que el valor hallado $\alpha = -17^\circ 27,6'$ se encuentra, con las reservas antes apuntadas, en las fechas de 31 de enero (α varía de $-17^\circ 28,3'$ a $-17^\circ 11,5'$) y 11 de noviembre (α varía de $-17^\circ 19,7'$ a $-17^\circ 36,2'$). No pueden utilizarse, sin embargo, estas tablas para calcular la hora pues, si bien en estas fechas la variación diaria de la declinación solar es sensiblemente constante de un año para otro, del orden de los $17'$, no sucede así con la declinación al iniciarse el día (es decir hora 0 UT) la cual, según se ha citado, puede diferir unos $20'$ según el año, circunstancia que puede invalidar el resultado. Para la hora verdadera proporciona aceptable aproximación el valor de ε .

II.- Catedral. Fenómeno de los días de Navidad.-

Necesariamente este fenómeno ha de ocurrir teóricamente unos días antes o después del solsticio de invierno por cuanto el azimut del rayo solar definido por el caballete de la cubierta es algo menor que el correspondiente al orto de dicho solsticio por lo cual habrá de transcurrir un breve tiempo desde el orto para que el sol alcance esta diferencia. En efecto ⁷, este azimut σ del orto viene dado por:

$\cos \sigma = \sin \alpha / \cos \phi = -0,5162 \quad \sigma = 58,92^\circ$
 superior en $58,92^\circ - 57,00^\circ = 1,92^\circ$ al del solsticio; el sol sale, pues, más al norte que el punto del orto sobre el horizonte.

Cálculo de la declinación solar.-

Distancia en planta entre rosetones (sobre foto Google Earth) $d = 76,9 \text{ m}$

Bajada interior de los rayos solares: $\Delta h = 3,4 \text{ m}$

Ángulo sin refracción (fórmula 5): $\tan o = 3,4 / 76,9 = 0,04421 \quad o = 2,53158^\circ$

Por fórmula (6): $\cos o' = 1,0002926 \cdot 0,99902 = 0,99932 \quad o' = 2,11877^\circ$

Azimut (caballete de la cubierta sobre foto Google Earth): $\beta = -57,0^\circ$

Latitud del lugar (dada directamente por Google Earth): $\phi = 39,567^\circ$

Por fórmula (3): $\sin \alpha = -0,39601 \quad \alpha = -23,329 <> -23^\circ 19,8'$

Fechas.-

Arc cos = $+5,823^\circ \quad N = 5,9 - 10 \text{ días} = -4,1 \text{ días}$ (26 de diciembre)

Arc cos = $+354,177^\circ \quad N = 359,1 - 10 \text{ días} = 349,1 \text{ días}$ (16 de diciembre)

Horas.-

Por fórmula (2): $\cos \varepsilon = 0,40859 \quad \varepsilon = -65,8839^\circ <> 12 - 4,392 \text{ h} = 7,608 \text{ h}$

Longitud: $\lambda = 2^\circ 38' 55'' <> 2,649^\circ$ Ecuación tiempo: $-0,6'(26/12); 4,3'(16/12)$

Corrección por longitud: $\lambda / 15^\circ = 0,1766 \text{ h} <> 10,6'$

Hora de tiempo medio del huso en 26/12: $7 \text{ h} + 36,5' - 4,3' - 10,6' = 7 \text{ h } 21,6'$

Hora de tiempo medio del huso en 16/12: $7 \text{ h} + 36,5' + 0,6' - 10,6' = 7 \text{ h } 26,5'$

Hora legal del fenómeno: 8 h 21,6' (día 16/12) y 8 h 26,5' (día 26/12)

Y cabe formular similares observaciones que en el caso anterior.

Si en vez de la fórmula de Cooper se utilizaran como antes las tablas del Almanaque Náutico para 2010, que dan el valor de α , hora por hora UT de cada día, se podría observar que el valor hallado $\alpha = -23^\circ 19,8'$ se encuentra, con las reservas ya apuntadas, en las fechas de 16 de diciembre (α varía de $-23^\circ 17,9'$ a $-23^\circ 20,4'$) y 27 de diciembre (α varía de $-23^\circ 20,4'$ a $-23^\circ 17,8'$), prácticamente coincidentes con las dadas por la indicada fórmula. De hecho, siendo muy pequeña la variación de α en el solsticio como muestran las tablas, puede admitirse que el fenómeno es observable durante los días próximos a Navidad. Según ya se ha expuesto no pueden utilizarse estas tablas para calcular la hora debiéndose recurrir para ello, como se ha hecho, al valor de ε .

Llamadas:

- 1.- Cuantas fórmulas, simbologías y métodos se aplican pueden hallarse en el libro del autor "*Diseño y Construcción de relojes de Sol y de Luna*" editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 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. libreria@ciccp.es
- 2.- La deducción de esta fórmula puede encontrarse en la página 277 del libro antes citado.
- 3.- La altura solar es complementaria de la distancia zenital. La deducción de su fórmula puede hallarse en la página 274 del libro antes citado
- 4.- El PMG que la da se puede ver en el Apéndice del libro citado, o, con total exactitud al ser variable, en el Almanaque Náutico del Instituto Hidrográfico de la Marina del año correspondiente.
- 5.- Se explica en la página 40 del libro antes citado.
- 6.- En las páginas 43 y 275 (esta con corrección de erratas) del libro citado se exponen dos métodos.
- 7.- La deducción de esta fórmula puede encontrarse en la página 281 del libro antes citado.

©Rafael Soler Gayà, 2010

solergaya@hotmail.com

RELOJ CILÍNDRICO CON SOMBRERO

Por Joan Serra Busquets

No estoy seguro de si la denominación es correcta o debería ser “Reloj cilíndrico **de** sombrero”, en cualquier caso pretende ser la traducción al español de “**Cadran à chapeau**” descrito por J.Ozanam y por J. Mollet.

Después del extenso y bien completo artículo de Manuel Pizarro publicado en la última edición del mes de Diciembre sobre el descubrimiento del reloj de columna en La Baumette, y dado que mis últimos artículos versaban sobre relojes cilíndricos, es la ocasión idónea para describir el reloj cilíndrico de sombrero, o con sombrero, constituido por un cilindro y un disco en su base superior que proyecta su sombra sobre el primero.

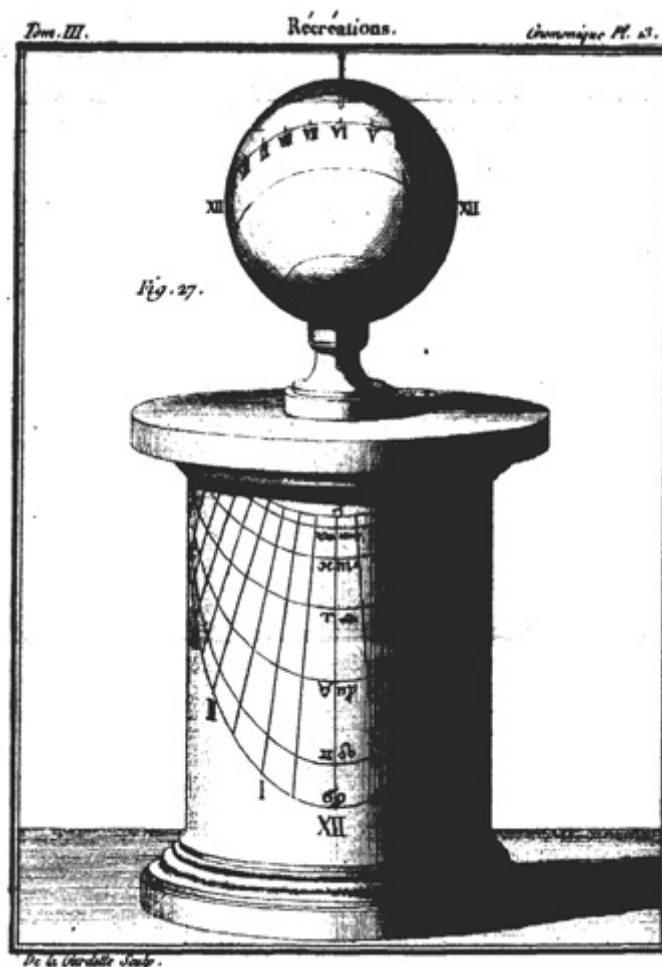


Fig. 1. Imagen 27 del libro *Récréations mathématiques et physiques...* de J. Ozanam, 1778

El disco superior puede imaginarse como la representación de infinitos gnomones de radio R y cuyo centro coincide con el centro del cilindro de radio r .

Como el cilindro se supone fijo, vertical y orientado sobre la meridiana, cada uno de estos imaginarios gnomones proyectará una sombra vertical cuando los rayos del sol sean paralelos a ellos, o lo que es lo mismo, cuando el sol se encuentre en el mismo plano azimutal de cada uno de ellos. En este momento, la

intersección de la sombra más corta proyectada por el disco, con el entramado de líneas horarias y de calendario del cilindro nos dará la hora y la fecha.

El mismo efecto produciría un solo gnomon giratorio que se hiciera girar hasta que su sombra cayera perfectamente vertical como ocurre con los relojes de pastor.

Recomienda Ozanam que la relación entre el cilindro y el disco sea la de la figura 2 extraída del libro del autor, en la que CE es el radio R del disco y CD el radio r del cilindro, de modo que $R = \sqrt{r^2 + r^2}$ o, lo que es lo mismo, $R = r / \text{seno } 45^\circ$. El gnomon efectivo g sería DE. En cualquier caso es sólo una recomendación porque al autor le parece la proporción más adecuada, pero que lógicamente pueden tener, tanto el cilindro como el disco, otras dimensiones cualesquiera.

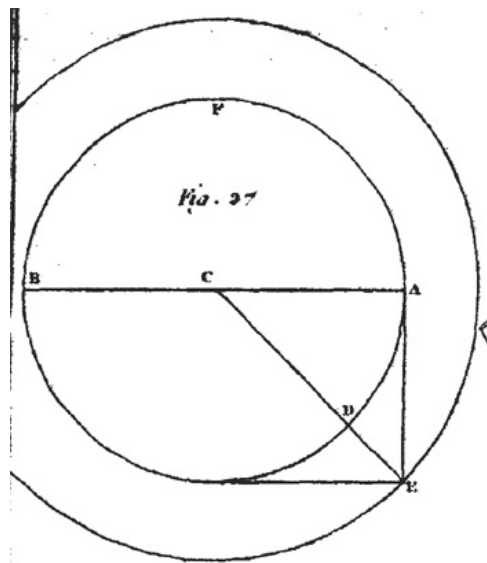


Fig. 2

En cuanto a su construcción el método es fácil pero bastante trabajoso sobre todo si quieren dibujarse los analemas de tiempo medio.

Para ello necesitamos confeccionar una tabla de alturas solares para cada hora para los días de cambio de signo zodiacal o los días que queramos incluir como calendario. La consabida fórmula nos proporcionará dichas alturas:

$$\text{sen } o = \text{sen } \varphi \text{ sen } \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon$$

Donde

o = altura solar

φ = latitud del lugar

α = declinación solar

ε = ángulo horario

Para cada altura solar necesitamos conocer el azimut, dato que hallaremos con la fórmula:

$$\tan \beta = \text{seno } \varepsilon / \text{seno } \varphi \cos \varepsilon - \cos \varphi \tan \alpha$$

La altura mínima h_m del cilindro dependerá de la latitud y del gnomon efectivo g .

$$h_m = g \tan (90 - \varphi + 23,44)$$

El procedimiento consiste en desarrollar el cilindro y dividir el desarrollo en dos mitades de 180° cada una, de manera que representen los azimutes. Se dividirá también verticalmente en tantos grados como los de la máxima altura solar para la latitud concreta del lugar. Servirá de auxilio gráfico un cuadrante graduado cuyo radio sea igual a g . La figura 3 es suficientemente explícita. Podemos conocer directamente las coordenadas de cada punto desde O haciendo:

$$x = r \beta \pi / 180 \text{ e } y = g \tan \alpha.$$

Es suficiente hallar las alturas y azimutes de la mañana o de la tarde y completar el dibujo por simetría. A la hora de inscribir la numeración de las horas hay que tener la precaución de anotarlas de manera inversa a como se haría con un vertical ordinario; las correspondientes a la mañana irán en el sector Este del dibujo y las de la tarde en el sector Oeste. Recordemos que este hecho es debido a que en este reloj no hay un gnomon polar sobre la meridiana o línea de las XII que proyecte la sombra en dirección opuesta a la posición del Sol, sino que es aquel gnomon imaginario que decíamos antes que va girando con el Sol y por tanto es siempre paralelo a él.

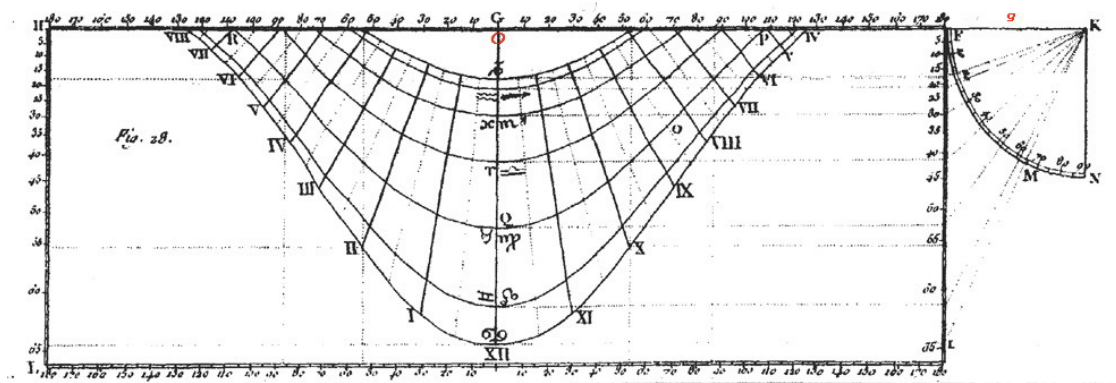


Fig. 3

Del mismo modo, si queremos dibujar los analemas o semianalemas de tiempo medio habrá que tener presente este mismo hecho modificando los signos de la ecuación del tiempo para que las ramas de los analemas queden en posición invertida respecto a las de un cuadrante con gnomon ordinario. En la figura 4 pueden verse los semianalemas correspondientes al período de invierno a verano y que en los cuadrantes ordinarios esta forma de "S" alargada se corresponde con el verano-invierno.

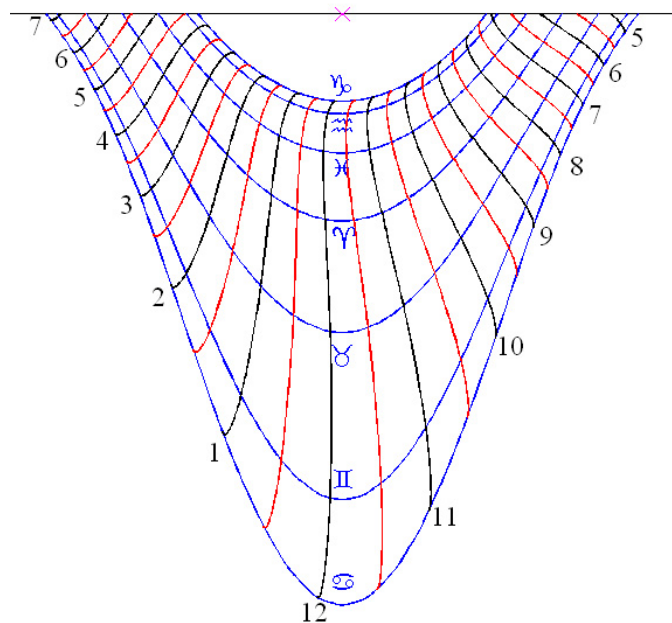


Fig. 4

Joseph Mollet en su obra *Gnomonique Graphique*, 1865, describe también el reloj de sombrero pero con una variante de diseño y lectura de la hora. En este caso la lectura se hace en la intersección de la sombra del sombrero con la línea vertical del cilindro que hace de terminador entre la zona iluminada y la zona en sombra. Hay que tener en cuenta que esta línea es difícil de precisar debido a la penumbra que, aunque afecta a todos los relojes de sol, es más notorio en los cilindros y esferas. Dado que en todo momento del día el cilindro tiene la mitad iluminado y la otra mitad en sombra, se generan, en realidad, dos terminadores, paralelos y opuestos 180°, con lo que la hora puede leerse en cualquiera de los dos. En la figura 5 se ve el dibujo con el doble trazado.

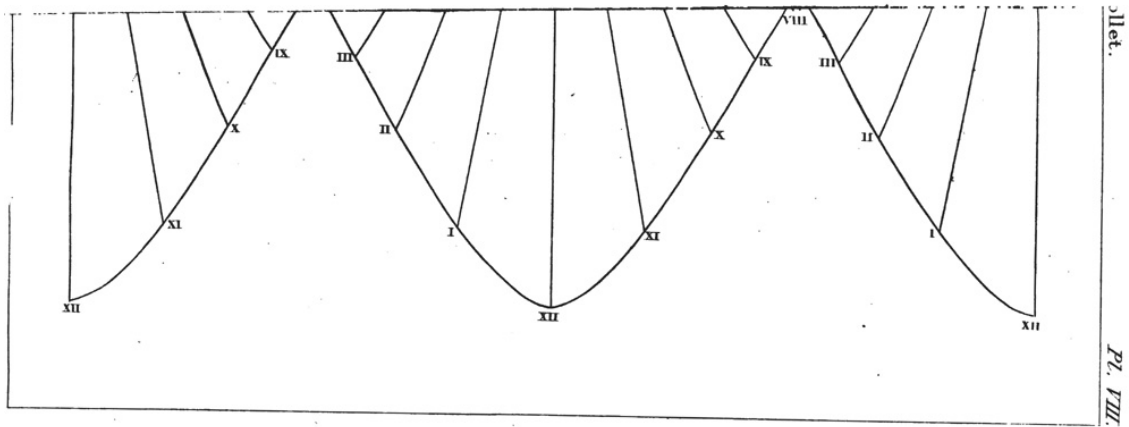


Fig. 5 . Imagen del libro *Gnomonique graphique*, de J. Mollet, 1865

En el caso que nos ocupa el gnomon ya no es el mismo que en el caso anterior. Aquí se trata de un gnomon virtual g tangente al cilindro en la generatriz del terminador que va rotando con ella de manera que siempre es paralelo a los rayos del sol y perpendicular al diámetro que une los dos terminadores. En la figura 6 se representa el efecto a las 12 h solar. Conociendo r y R no tendremos ningún problema en

hallar $g = \sqrt{R^2 - r^2}$

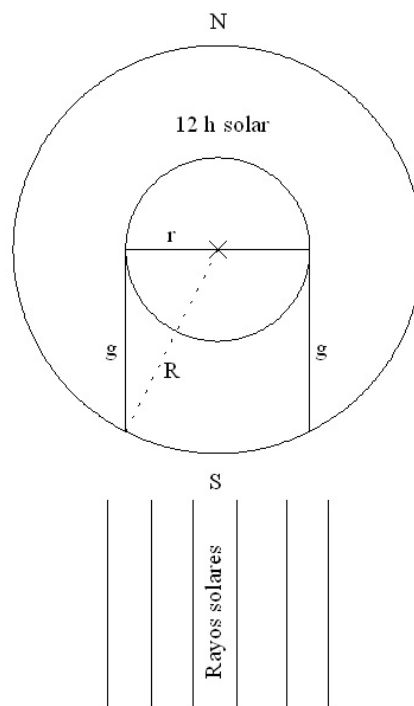


Fig. 6

La lectura de la hora, se concreta pues en una posición que difiere 90° del azimut solar, lo que tiene que tenerse en cuenta a la hora de orientar el cilindro, tal como se hace en la figura 7.

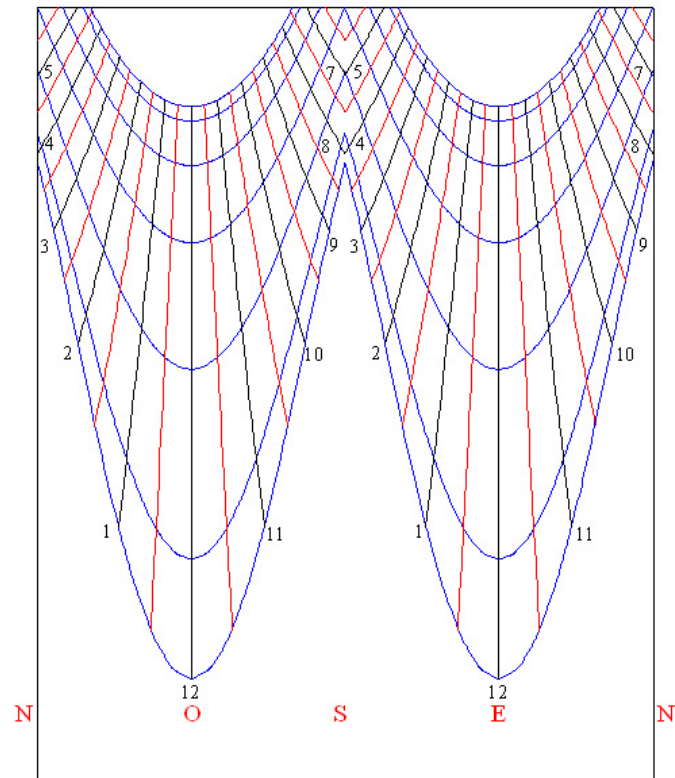
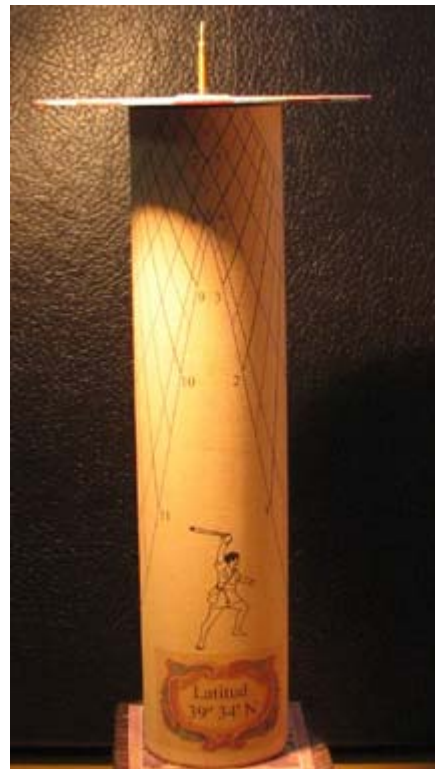
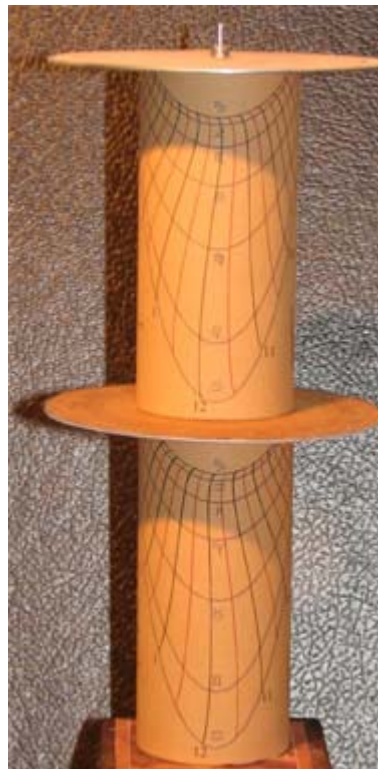


Fig. 7



Fotos de las dos variantes iluminadas con luz artificial para mostrar el efecto de las sombras. Nótese la falta de precisión en la sombra vertical de la foto derecha. Marca aproximadamente las 3 h.

INCLINACION QUE DEBE TENER UN PLANO PARA SER POLAR

Por Francisco J. Polop Bas y Juan Carlos García Orden

INTRODUCCIÓN

El trazado de las líneas horarias en los planos que son paralelos a un gnomon (orientado al polo norte, gnomon polar) es bien sencillo. Simplemente sabiendo la distancia L del gnomon al plano se calculan las líneas horarias.

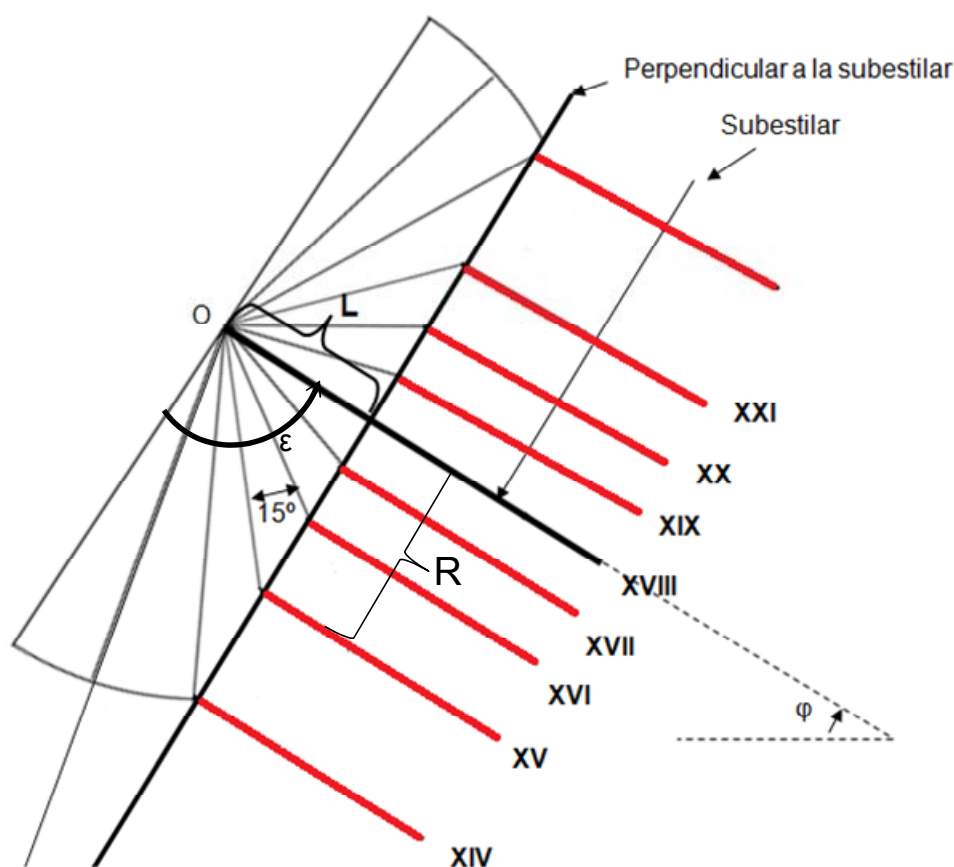


Fig. 1. Método geométrico del trazado de las líneas horarias sobre un plano vertical occidental (encarado al oeste). L es la distancia entre el gnomon y el plano. En esta vista (desde el Oeste): gnomon, subestilar y línea horaria de las 6 pm (que corresponde a un ángulo horario ε de 90°) coinciden.

Sabiendo que los rayos de sol son perpendiculares al gnomon y que el plano del cuadrante polar es paralelo al gnomon, las líneas horarias resultantes siempre son rectas paralelas al gnomon y a la línea subestilar (proyección ortogonal del gnomon en el plano). Solo es necesario saber la distancia L entre el gnomon y el plano para su trazado. Mediante un semicírculo colocado en el plano a una distancia L de la subestilar se tiran las rectas horarias sabiendo que cada 15° es una hora tal y como se expone en la Figura 1.

Análiticamente, la distancia entre la recta horaria y la subestilar vendrá sencillamente dada por la distancia del gnomon al plano L multiplicada por la tangente del ángulo horario ε correspondiente (cada 15°):

$$R = L \operatorname{tg} \varepsilon$$

Un plano polar oriental u occidental forma 90° con el horizonte, es vertical, mientras que un plano polar meridional tiene una inclinación sobre el horizonte igual a la latitud φ . Pero en realidad hay infinitos planos polares posibles. Todos los planos que pasan por el gnomon o que son tangentes a cualquier cilindro que tenga como eje un gnomon son polares (Fig. 2) y por tanto susceptibles de ser utilizados como cuadrantes polares. Si queremos construir un cuadrante polar que no esté orientado al sur, este u oeste, es decir en cualquier otra dirección. ¿Cuál debe ser su inclinación θ respecto al horizonte para que sea polar, es decir, paralelo al gnomon?

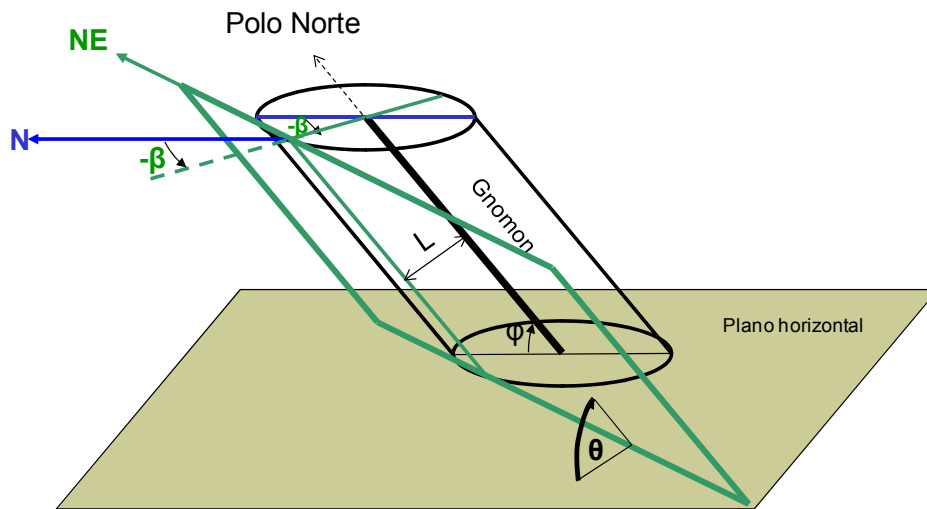


Fig. 2. Se representa en verde uno de los posibles cuadrantes solares polares.

Para el desarrollo de la fórmula definimos β , dirección del cuadrante, como el ángulo respecto al norte geográfico (meridiana) que forma la perpendicular a la línea de intersección del plano del cuadrante con el horizonte del lugar, siendo positivo hacia el este (sentido horario). Tenemos pues que encontrar la fórmula que nos dé el ángulo del plano polar respecto al plano horizontal θ , en función de los grados β en que esté orientado respecto a la línea Norte – Sur que tomamos como $\beta = 0$.

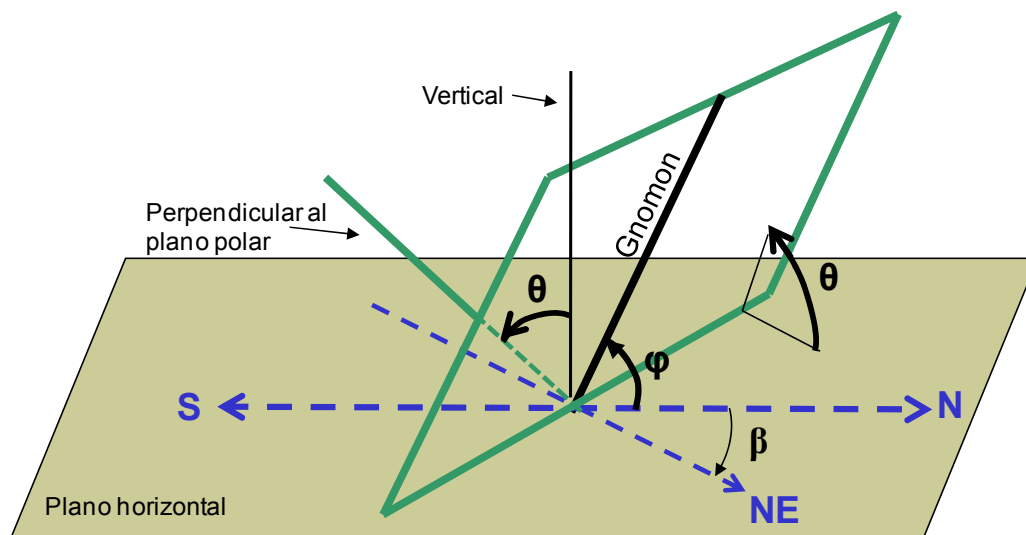


Fig. 3. Plano Polar con el ángulo β orientado al Noreste.

Obsérvese que el ángulo que forma el plano respecto a la horizontal θ , es el mismo que tendría una perpendicular al plano polar respecto a la vertical. Cuando $\beta = 0$, la inclinación del plano es la latitud ($\theta = \varphi$); y cuando $\beta = \pm 90^\circ$, es decir cuando está dirigido al Este o al Oeste, entonces $\theta = 90^\circ$. Con ángulos de β intermedios, el plano tendrá una inclinación entre la latitud y 90° que deseamos saber.

DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA.

Si insertamos un plano polar en el gnomon y lo vamos girando (eje de giro, el gnomon), generamos planos polares mientras que la perpendicular al plano, describe un círculo el cual veremos como tal si miramos alineados con el gnomon (Figura 4 (b)). Podemos escoger que el radio de la circunferencia que se forma sea la unidad.

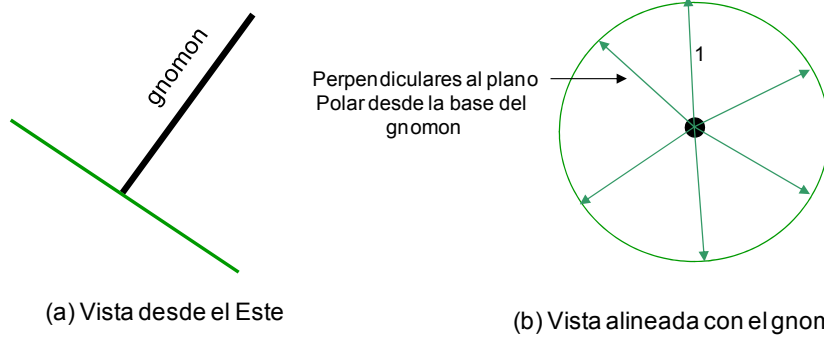


Fig. 4. Circunferencia descrita por todas las posibles perpendiculares al gnomon desde su base.

En la figura 5(a) se representa la perpendicular (longitud 1) al plano polar cuando éste corta el plano horizontal en la dirección Este-Oeste, es decir cuando $\beta = 0$. En este caso el ángulo θ que forma el plano con la horizontal es la latitud, y la altura de esta perpendicular es máxima $\cos \varphi$, llegando hasta el punto A de la circunferencia de la Figura 5 (b).

Conforme gira el plano polar (β aumenta), su intersección con el plano horizontal se va alejando de la dirección Este-Oeste, y la perpendicular al plano gira en el círculo un ángulo ε' respecto a la perpendicular anterior llegando hasta A', con lo que su altura h disminuye (hasta hacerse cero con los planos verticales laterales).

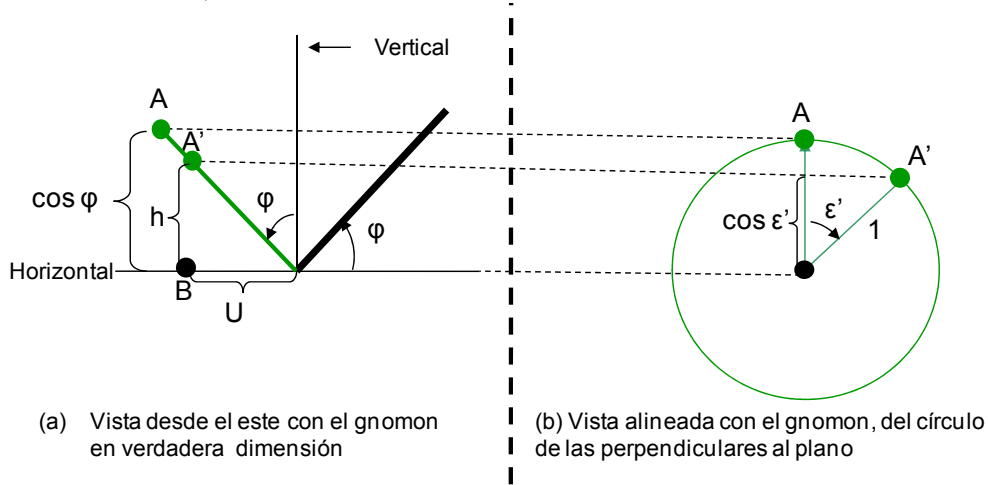
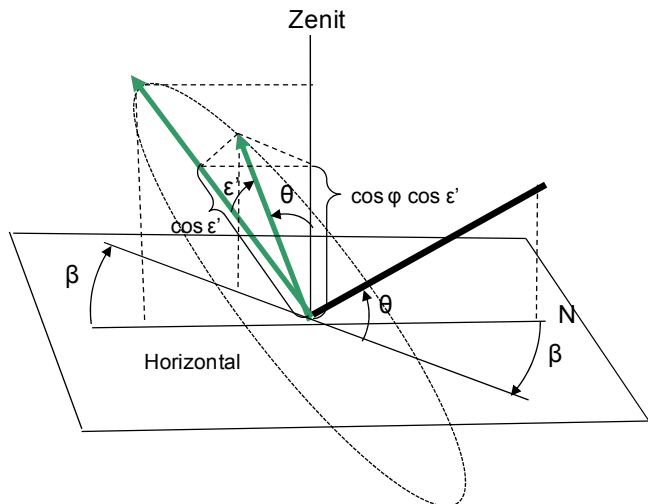


Fig. 5. Alturas que alcanzan las perpendiculares a la base del gnomon del plano polar.



Dado que $\cos \varphi = h / \cos \varepsilon'$, la altura de A' es: $h = \cos \varphi \cos \varepsilon'$.

Por otra parte, la altura h es también el coseno de la inclinación del cuadrante θ como se aprecia mejor en la siguiente Figura. Por lo tanto:

$$\cos \theta = \cos \varphi \cos \varepsilon' \quad (1)$$

Fig. 6. Relación entre la inclinación del plano polar y las alturas de las perpendiculares al gnomon. Por último hay que averiguar la relación entre β y ε' .

Como se puede ver en la Figura anterior, la proyección ortogonal sobre el plano horizontal de la perpendicular al plano polar girado un ángulo ε' con eje de giro el gnomon, forma un ángulo respecto a la línea Norte-Sur que es igual a β puesto que es su opuesto. Si proyectáramos todos los puntos de la circunferencia de las perpendiculares al plano polar sobre el plano horizontal obtendríamos una elipse. En concreto como se puede ver en la siguiente figura de proyecciones, el resultado de la proyección ortogonal de A' sobre el plano horizontal es el punto B , y longitud Norte-Sur de este punto es U .

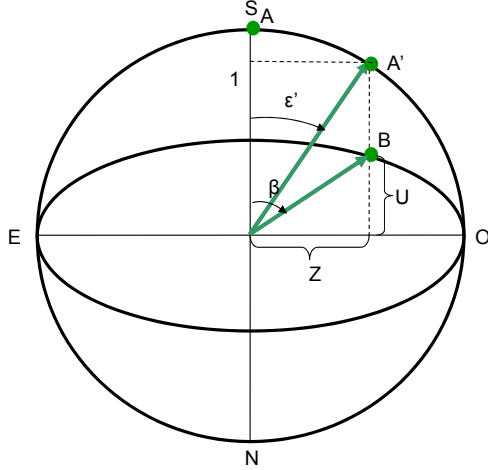


Fig. 7. Circunferencia unitaria de las perpendiculares al gnomon abatida en el plano horizontal utilizando como charnela el Eje Este-Oeste. También se muestra la elipse resultado de la proyección ortogonal de dicha circunferencia en el plano horizontal.

Se observa que la distancia en el eje Este-Oeste desde el centro de la circunferencia y elipse hasta B es Z :

$$\text{sen } \varepsilon' = \frac{Z}{1} \quad ; \quad Z = \text{sen } \varepsilon'$$

Respecto a la distancia U en el eje Norte-Sur, de la Figura 5, se deduce que:

$$\text{tg } \varphi = \frac{U}{h} = \frac{U}{\cos \varphi \cos \varepsilon'} \quad ; \quad U = \text{sen } \varphi \cos \varepsilon'$$

Por lo tanto:

$$\text{tg } \beta = \frac{Z}{U} = \frac{\text{sen } \varepsilon'}{\text{sen } \varphi \cos \varepsilon'} = \frac{\text{tg } \varepsilon'}{\text{sen } \varphi} \quad ; \quad \text{tg } \varepsilon' = \text{sen } \varphi \text{tg } \beta \quad (2)$$

La ecuación (1) muestra que el coseno del ángulo de la inclinación del plano para que sea polar θ , viene dado viene en función de $\cos \varepsilon'$. Por relaciones trigonométricas podemos sustituir $\cos \varepsilon'$ en función de su tangente para así poderla sustituir por la expresión anterior (2) en función de la dirección del cuadrante:

$$\cos \theta = \cos \varphi \cos \varepsilon' = \cos \varphi \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \varepsilon'}} = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + \text{sen}^2 \varphi \text{tg}^2 \beta}}$$

Es decir que la inclinación del plano sobre la horizontal para una determinada dirección geográfica β , para que sea polar, viene dada por la expresión:

$$\boxed{\cos \theta = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + \text{sen}^2 \varphi \text{tg}^2 \beta}}} \quad (3)$$

La gráfica del comportamiento de la inclinación del plano en función de su dirección geográfica se incluye en la Figura 8.

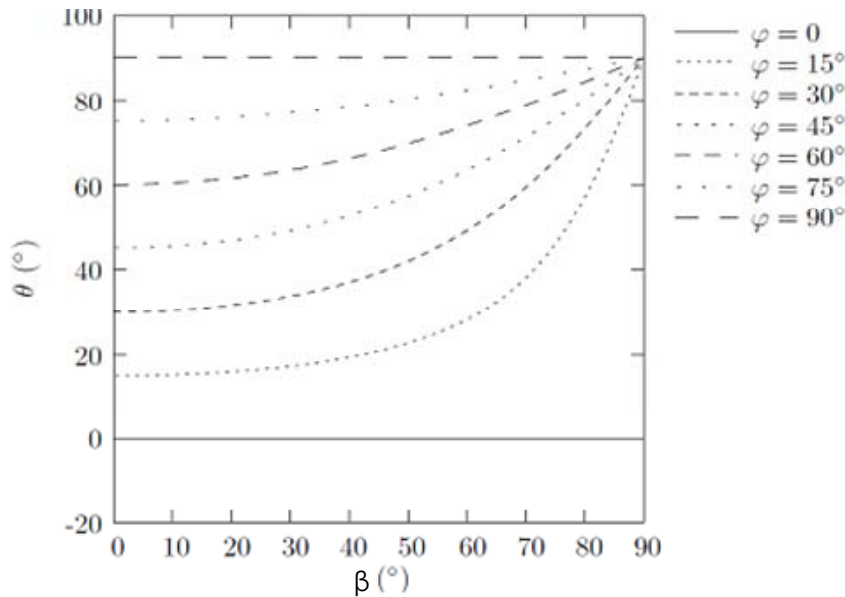


Fig. 8. Gráfica de la función de θ (inclinación del plano para ser polar para latitudes de 15 en 15° respecto a β (ángulo que forma con la dirección Norte la perpendicular a la línea de intersección de plano con el horizonte).

Por ejemplo, si estamos en una latitud de 40° y queremos hacer un plano polar dirigido 35° respecto al Norte geográfico (bien al Noroeste o bien al Noreste), el ángulo que ese plano debe tener respecto al suelo horizontal debe ser de $45,69^\circ$.

TRAZADO DE LAS RECTAS HORARIAS A PARTIR DE LA SUBESTILAR

En el plano polar dirigido al norte $\beta = 0$, la línea subestilar coincide con la recta horaria de las 12:00 hora solar verdadera; en el plano con $\beta = 90^\circ$, coincide con las 18:00 (plano vertical occidental), y en el plano polar con $\beta = -90^\circ$, coincide con las 6:00. Pero si cogemos otra dirección, la subestilar podrá o no coincidir con alguna de las horas solares en punto. En la inmensa mayoría de los casos posibles dará en una hora intermedia entre las horas en punto. En este caso, el trazado de rectas horarias cada 15° de ángulo horario a partir de la subestilar por el método geométrico no tendría sentido, pues resultaría un cuadrante configurado con fracciones de horas. Se puede averiguar qué hora da la subestilar, y a partir de ella trazar las paralelas adecuadas que sí den las horas solares verdaderas enteras.

El ángulo horario que dará la sombra correspondiente a la subestilar viene dado exactamente por el ángulo que hemos denominado ε' . Si estamos en una latitud de 40° y hemos construido un plano polar con una dirección $\beta = 35^\circ$, señalando al Noreste la subestilar coincidirá con la sombra del gnomon cuando el ángulo horario del sol sea:

$$\operatorname{tg} \varepsilon' = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \beta = \operatorname{sen} 40^\circ \operatorname{tg} 35^\circ \quad ; \quad \varepsilon' = 24,23^\circ$$

Un ángulo horario de $+24,23^\circ$ supone 1,615 horas (1 hora y 36,92 minutos) tras pasar el meridiano del lugar. Es entonces cuando el sol se sitúa en el meridiano cuyo plano es perpendicular al plano del cuadrante. Es decir que la subestilar señala aprox. las 13:37 hora solar verdadera.

Para trazar las horas por el método geométrico pondríamos el semicírculo a la distancia adecuada de la línea subestilar (L) de la misma forma que en la Figura 1, y trazáramos las paralelas a las subestilar a partir de ángulos: $15, 30, 45^\circ, \dots$ restando $24,23^\circ$. Es decir la recta de las 12:00, se averiguará mediante un ángulo de $-24,23^\circ$ medido como en la Figura 1; las 13:00, con un ángulo $15 - 24,23 = -9,23^\circ$, etc. Es decir que podemos seguir utilizando el método geométrico en el que trazamos paralelas a la subestilar, pero los ángulos a utilizar son:

$$\varepsilon = \operatorname{atan}(\operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \beta)$$

Para $\varepsilon = 0^\circ$ (las 12); 15 (las 13), 30° (las 14), ..., y -15° (las 11), -30 (las 10), ...

Y las distancias de las rectas a la subestilar será de:

$$R = L \operatorname{tg}(\varepsilon - \operatorname{atan}(\operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \beta))$$

CONSIDERACIONES

1.- La fórmula (2) es equivalente a la del azimut del Sol cuando la declinación solar δ es nula. Si llamamos ε al ángulo horario del Sol, y β a su azimut:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{sen} \varepsilon}{\cos \varepsilon \operatorname{sen} \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta} ; \rightarrow \delta = 0 \rightarrow \operatorname{tg} \varepsilon = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \beta$$

Efectivamente, el ángulo que hemos designado como ε' (perpendiculares al plano polar) desarrolla ángulos en un círculo perpendicular al gnomon, es decir en un plano ecuatorial como el Sol. Sin embargo el círculo donde se desarrollan los ángulos no asciende ni desciende, sino que tiene un centro fijo, no hay “declinación solar”. Para las horas en las que el ángulo horario del Sol ε sea el mismo que ε' , la proyección ortogonal sobre el horizonte de los puntos de giro de la circunferencia tanto del Sol como de los extremos de las perpendiculares al plano polar suponen el mismo ángulo respecto a la meridiana. Es decir coincide el azimut del Sol con la dirección o “azimut del cuadrante”. El azimut es el ángulo medido sobre el horizonte que forman el punto cardinal norte y la proyección vertical del astro sobre el horizonte del observador.

2.- Gracias a la información de Joan Serra acerca de un trabajo anterior sobre cuadrantes polares, vimos que nuestra fórmula final (3) es en realidad la misma que la indicada como (4) en el artículo *Diseño de Cuadrantes Polares* del Maestro de los relojes de Sol, Rafael Soler Gayá en la publicación de Carpe Diem de Junio de 2003 con los siguientes puntos a tener en cuenta:

- Rafael denomina δ declinación del cuadrante, al ángulo que existe respecto a la dirección este-oeste de la línea de intersección entre el plano del cuadrante con el horizonte, que es el mismo que si se mide el ángulo que forma la perpendicular a esta línea con la dirección norte-sur (meridiana) que nosotros hemos denominado β (dirección del cuadrante).
- Su ángulo G es a $\pi/2 - \varepsilon'$, en nuestra nomenclatura.
- Su ángulo ψ es $\pi/2 - \theta$.
- La variable que está despejada en su fórmula es la declinación del cuadrante, mientras que en nuestro caso lo está la inclinación del cuadrante.

La diferencia es que nosotros nos hemos preguntado, dada una orientación geográfica, qué inclinación debe tener el cuadrante, y lo hemos resuelto sin trigonometría esférica; mientras que la otra fórmula calcula la declinación del cuadrante para una determinada inclinación.

A continuación se demuestra que ambas expresiones son equivalentes.

Si de nuestra fórmula (3) despejamos β , obtenemos la fórmula que Rafael, como se indica a continuación:

$$\cos \theta = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{sen}^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \beta}} ; \operatorname{tg}^2 \beta = \left(\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \theta} - 1 \right) \frac{1}{\operatorname{sen}^2 \varphi}$$

Hay una relación trigonométrica del seno con su tangente que es: $\operatorname{sen} \beta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}$, por lo que:

$$\operatorname{sen} \beta = \frac{\frac{1}{\operatorname{sen} \varphi} \sqrt{\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \theta} - 1}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \theta} - 1 \right) \frac{1}{\operatorname{sen}^2 \varphi}}} = \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi - \cos^2 \theta}}{\sqrt{\operatorname{sen}^2 \varphi \cos^2 \theta + \cos^2 \varphi - \cos^2 \theta}} = \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi - \cos^2 \theta}}{\sqrt{\cos^2 \varphi (1 - \cos^2 \theta)}} = \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi - \cos^2 \theta}}{\cos \varphi \operatorname{sen} \theta}$$

Teniendo en cuenta que $\theta = \pi/2 - \psi$, y que $\beta = \delta$, se obtiene su fórmula:

$$\operatorname{sen} \delta = \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi - \operatorname{sen}^2 \psi}}{\cos \varphi \cos \psi}$$

∞ ∞ ∞ ∞

INVENTARIO DE RELOJES DE SOL DE LA DIÓCESIS DE VITORIA (XVII). APÉNDICE 2

Por Pedro Novella y M^a Josefa Urteaga con la colaboración de Antonio J. Cañones

APÉNDICE

Localidad: **ARAIA**
Situación: Intuxi auzoa
Material: Piedra
Tipo: MP
Autor: García de Cortázar.
Año: 2006



Piedra labrada, reproducción de un cuadrante meridional danés, que adorna la fachada principal de la casa recientemente construida sobre la antigua tejería de Araia, en el barrio de Intuxi. En la parte trasera del edificio todavía se conservan los gruesos muros de un viejo horno de piedra recubierto interiormente de ladrillo refractario.

La obra es de García de Cortázar, profesor de la Escuela de Artes y Oficios de Vitoria. La cara del sol es un retrato del dueño de la casa. No marca bien las horas: la pared declina a poniente y la varilla, que sale de la boca del sol, está mal situada y orientada.

Localidad: **BERANTEVILLA**

Situación: c/ de Abajo nº 1

Material: Pintura y chapa

Tipo: MP

Autor: Javier Moraza



Lo construyó el propietario de la casa copiando el diseño del reloj de las escuelas viejas que podemos ver en la imagen inferior.

Las horas van escritas, de VIII de la mañana a IV de la tarde, sobre cuadrados de chapa pintados en negro. En la fotografía, tomada en el 2002, se observa que tenía líneas de horas y de medias horas, hoy en día desaparecidas bajo la pintura de la pared. La fachada declina al este. La varilla no está bien orientada.

Localidad: **BERANTEVILLA**
Situación: Antiguas escuelas
Material: Pintura
Tipo: MP

Está mal calculado. Se colocó en el centro de la fachada hace unos 10 años cuando restauraron las escuelas. Las horas van escritas sobre unos pequeños cuadrados pintados.



Localidad: **DURANA**
Situación: c/ Salazarra, en una casa a los pies de la iglesia
Material: Pintura
Tipo: 12x15°
Fecha: ca. 1960



Reloj semicircular en junta de sillar. Sectores aproximadamente iguales.

Según la propietaria de la casa, el reloj lo pintó el anterior inquilino, hará unos 50 años, en el sillar del dintel de la primitiva ventana derecha de la planta baja.

Al restaurar la fachada, lo repasaron de color negro y le colocaron una varilla nueva. La varilla está suelta, mal orientada y sujeta a la junta aprovechando un clavo de los herrajes de una antigua puerta. En el momento que se tomó la fotografía se encontraba casi en posición horizontal.

En una visita posterior presentaba distinto ángulo de inclinación. La propietaria de la casa nos dio la explicación: sacude las alfombras desde la ventana que está encima y la varilla se suele caer. Marca los cuartos de hora y lleva las horas escritas en números arábigos, superpuestos a las líneas horarias, de 9 de la mañana a 4 de la tarde. En una casa cercana han hecho una copia de este reloj.

Localidad: **DURANA**

Situación: c/ Herrador

Material: Cerámica

Tipo: MP

Autor: María Luisa Ibeas López

Fecha: AÑO MCMXCV



Está situado en la esquina derecha del costado sur de la casa. Actualmente está parcialmente cubierto por un ciruelo. Para poder fotografiarlo hubo que apartar las ramas que aún son visibles en la imagen.

María Luisa Ibeas, propietaria de la casa, modeló este reloj de barro en un cursillo de cerámica organizado por el Ayuntamiento en el Centro Cívico Iparralde. Banda horaria, líneas, fecha y sol – motivo central de adorno- están grabados en el barro fresco. Todas las líneas van repasadas de negro y el sol de amarillo. Se utilizó engobe para darle color, evitando así una segunda cocción que podría haber dañado la placa.

La traza está copiada de la enciclopedia El Monitor. Hicieron un boceto midiendo con un transportador los ángulos de un reloj de sol que venía fotografiado. María Luisa recuerda que decía el libro que a la varilla había que darle un ángulo de 45°. Posiblemente el reloj meridional de la enciclopedia estaba calculado para la citada latitud.

Como curiosidad añadiremos que la varilla se ha construido con un trozo de alambre de una percha. La pared declina 8° a levante.

Localidad: **ELCIEGO**

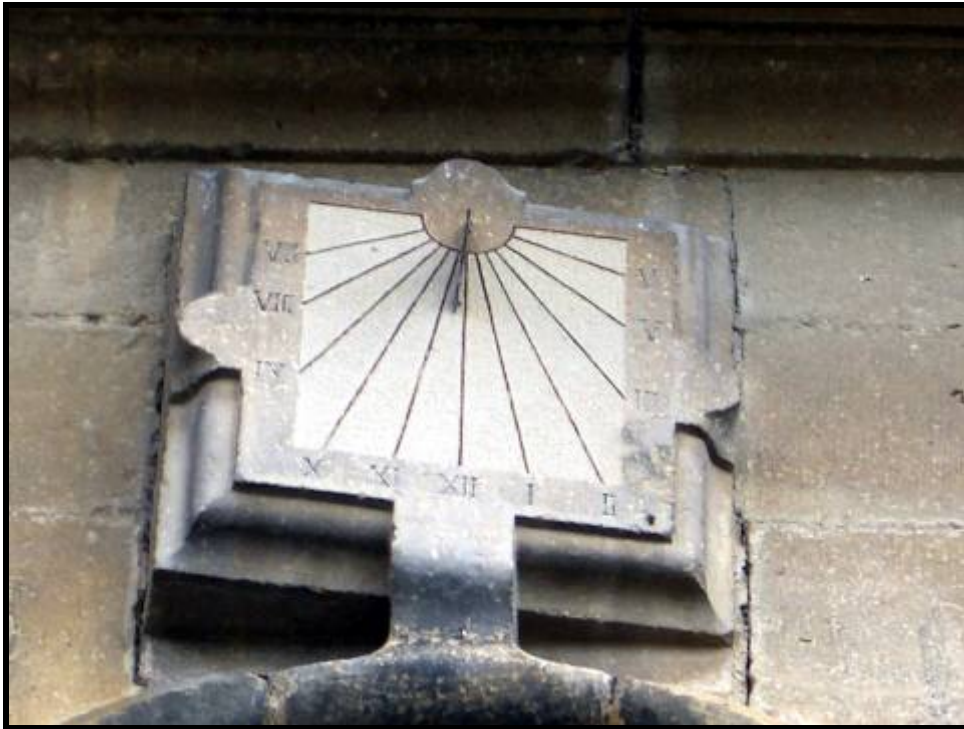
Situación: Ermita de N^a S^a de la Plaza

Material: Grabado sobre un reloj NN (No nato) tallado en la portada el año 1764.

Tipo: Vertical declinante a levante orientado

Autor: Taller RA (V. F.) Verónica Montero y Felipe Miguel.

Fecha: 1985



“En la puerta principal de la ermita de la Virgen de la Plaza se encuentra este precioso reloj bien construido y graciosamente tallado, que corrige la declinación de la pared respecto de la fachada. Es un ornamento del XVIII, con un gracioso estilo, bellas decoraciones en forma de cruz, que lo asemejan a un sencillo escudo blasonado y armoniza con el conjunto de la puerta principal, y un artístico estilo marcador de horas.” J. I. Domínguez, El Correo, Nuestro Patrimonio, Sociedad Landazuri, Relojes de sol II.

“Se restauró hace unos 10 años. Picaron el cuadrado donde va inscrita la traza para sacar el color natural de la piedra, grabaron y pintaron las líneas horarias y el borde de color rojo, y le colocaron la varilla que había perdido. En la parte derecha del reloj escribieron la latitud del lugar: 42° 30’ En la fotografía del C.M.D.V., pág. 55 del tomo I, una cruz ocupa el plano del reloj. No hemos encontrado a nadie que recuerde un reloj anterior” Inventario de relojes de sol de la Diócesis de Vitoria (I) pág. 155.

El cuadrante es de 1985; calculado, grabado y pintado por Verónica Montero y Felipe Miguel. En el extremo del brazo derecho de la cruz está grabada la latitud y, también, dos iniciales (42° 30’, V. F.).

Descrito por José Ramírez Martínez en el libro *Relojes de sol en la Rioja*.

Localidad: **ELCIEGO**

Situación: Interior de las bodegas Riscal

Material: Piedra arenisca

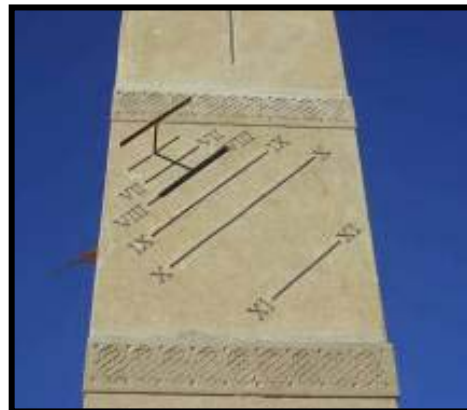
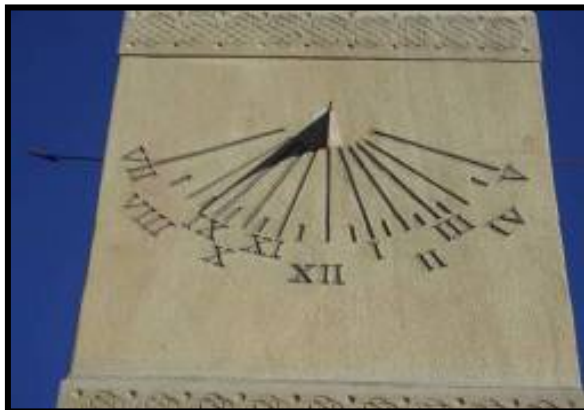
Tipo: VM, VL y VP.

Autor: Luís González-Camino

Fecha: 2006



Triple reloj grabado en el pilar de una fuente de cuatro caños, obra del conocido paisajista Luís González- Camino, situado en el patio de las bodegas Riscal de Elciego. En el costado sur del pilar, bajo el reloj hay un grabado que recuerda un cuadrante canónico de 8 sectores de 45°.

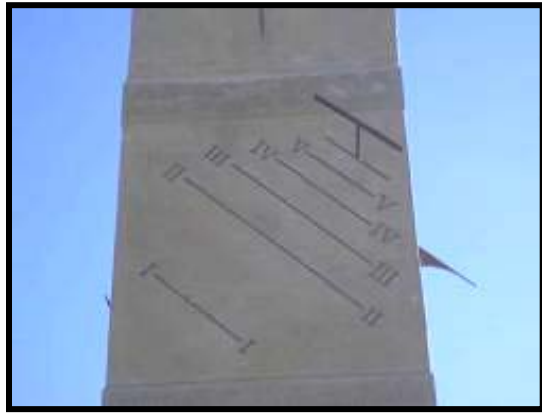
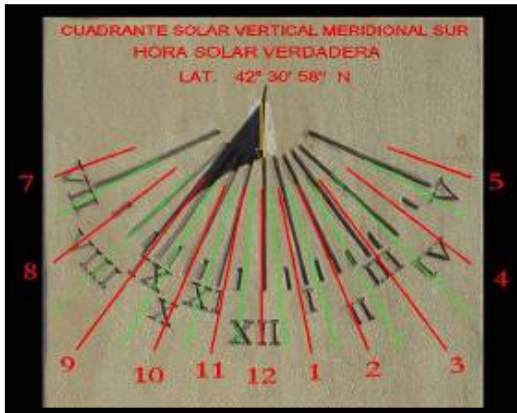


El conjunto está formado por un reloj a mediodía que marca en números romanos de VII de la mañana a V de la tarde; un vertical a poniente, de I a VI de la tarde, y otro a levante de VI a XI de la mañana.

No está bien calculado: en las fotografías se observa un desfase de media hora entre los dos relojes.

El gráfico y las palabras de Rafael Carrique nos dan la explicación del adelanto del reloj meridional:

“He creído ver en el reloj meridional algunas asimetrías, y al chequearlo con uno para su latitud, se ve que el reloj no parece bien trazado, de ahí viene, pienso, la disparidad de la hora con el lateral, siempre que no haya padecido yo error”.



Localidad: **ESTIBALIZ**

Situación: c/ N^a S^a de la Encina nº 12

Material: Placa de piedra arenisca

Tipo: VDP 83°

Autor: Taller RA

Felipe Miguel

Verónica Montero

Fecha: 1998



Labrado en una placa de piedra arenisca en talla profunda de la que sobresalen la banda de las horas y el plano solar, líneas al óleo en color siena, números arábigos de hierro pintados en negro, y varilla en laña. Un sol naciente sobre el polo, tres hojas de quejigo- abundante en el cerro antes de urbanizarlo- en las dos esquinas inferiores y dos volutas rematando la banda de las horas, lo adornan.



Localidad: **ERIBE**

Situación: en el jardín de un chalé cercano a la iglesia

Material: Hierro y latón

Tipo: Ecuatorial armilar

“Reloj Ecuatorial Armilar en el jardín de una vivienda particular en Eribe, a unos 13 km al Norte de Vitoria. Se trata de un ejemplar prefabricado de hierro y con la esfera de las horas de latón. Es universal pues tiene un mecanismo, cerca de las manos del atlante que lo sujeta, que sirve para cambiar la inclinación al conjunto y, por tanto, adaptarlo a la latitud

del lugar. Fue adquirido en Bremen (Alemania). Tengo localizados dos iguales, uno en Torrevieja (Alicante) y otro en Beriain (Navarra).” Copiado de la Web de A. Cañones.

En el dintel de la puerta de la fachada sur de la casa de los Maroto hubo un pequeño reloj que desapareció en los años 60.

Localidad: **IZORIA**

Situación: Barrio Ripa nº 40

Material: Placa de piedra

Tipo: MP

Autor: Julen Egia

Año: 1997



El reloj se encuentra actualmente en la esquina SO de la casa sujeto mediante tres anclajes de hierro y orientado al sur. El alero le da sombra en las horas centrales del día. El día que lo fotografié, los propietarios de la casa vieron la foto del reloj de Lekamaña colocado en una traviesa junto a una veleta y un termómetro de buen tamaño. Les gustó la idea. Próximamente lo veremos instalado a la derecha de este horno que han construido con sus propias manos.



Es el segundo trabajo de Julen Egia. Lo presentó en la Primera Muestra de Artesanía local que se celebró en Izoria el año 1997. Bajo la varilla tiene grabada una corona, motivo que se repite en el cuadrante de Okondo.

En Izoria se va a colocar el último reloj tallado por Julen Egia. Algún día lo veremos en la fachada sur del caserío de J. R. Trueba, actualmente en construcción, que se encuentra a la salida del pueblo, dirección Maroño.

Localidad: **JUGO**

Situación: Ermita de N^a S^a de Jugatxi.

Material: Placa de piedra, 60x60 cm

Leyenda: ORA AHORA ORAIN

Tipo: MP

Autor: Julen Egia

Fecha: 1999



Jugo. Ermita de Nª Sª de Jugatxi. Situación del reloj.



En la fotografía de la ermita se observa el reloj empotrado entre las dos ventanas del muro sur. Parece que no iba a ser éste, en un primer momento, el lugar donde se pensaba ubicar el reloj.

En el Boletín de la Cofradía de N^a S^a de Jugatxi del año 1999 se da noticia de la próxima colocación del reloj de sol en la ermita:

“El original reloj de sol tallado en placa de piedra remata la puerta de acceso más familiar a la ermita. El sol se posará ya en él desde este verano.

Obsequio-recuerdo de un cofrade acoge a los que llegan desde Jugo. Los que suban por el reafirmado camino (para muchos será un estreno) se encontrarán con la grata sorpresa de este artificio-tradicional en muchos caseríos- para señalar las horas del día mediante la sombra que un gnomon arroja sobre su superficie. Un reloj de sol de 60x60 centímetros (un tamaño notable, ya que las medidas son de 30x30 o 40x40 como máximo) que un artesano artista de Amurrio, Julen Egia, ha tallado para nosotros, en una labor de equipo familiar impulsada por un cofrade que ha querido festejar así sus bodas de plata matrimoniales. Nos sumamos a ellas con la gratitud de todos. Tanto la orientación sur como el sentido de este jeroglífico (en tres lenguas dicen) de saludo- invitación cuyo dibujo recogemos justificaban incrustarlo sobre la habitual puerta de acceso al pórtico de la ermita. Los fotógrafos harán lo imposible por encuadrarlo con la hornacina con la que encaja tan perfectamente.”

El jeroglífico trilingüe (latín castellano y euskara) al que hace referencia el Boletín, ocupa el centro del plano solar del reloj e invita a rezar a la Virgen de la cercana hornacina, a todo aquel que se acerque a la ermita: ORA AHORA, ORA ORAIN. Bajo la varilla se lee “JUGATXI” y, en letras que no legibles a simple vista, “ongi etorri” y su traducción castellana “bienvenido”. No sabemos en que se basa el autor de las anteriores líneas para afirmar que el reloj de sol es un artificio “tradicional en muchos caseríos”, en Álava sólo hay dos relojes de sol instalados en un caserío (caserío Marutegi de Araya y caserío Beltrán de Narvaja).

Localidad: **LABASTIDA BASTIDA**

Situación: Calle del Olmo nº 9

Material: Escayola, chapa y pintura.

Leyenda: “Tempus fugit”

Tipo: MP

Autores: Luís Hereña y Fidel Fernández

Fecha: ca. 1970



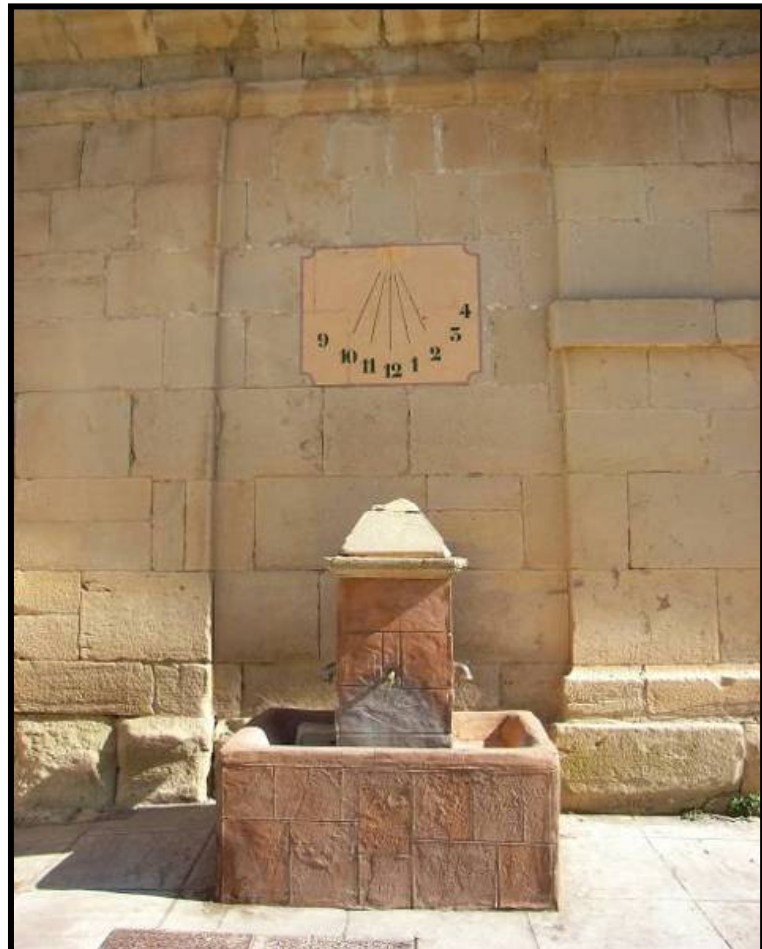
Luís Hereña y Fidel Fernández construyeron el reloj mientras se restauraba el edificio, un viejo caserón del XVIII, hace unas cuatro décadas. Para trazar las líneas horarias colocaron la varilla horizontal en la pared y la doblaron hacia el suelo. Seguidamente, ayudándose de un reloj de pulsera y descontando la hora de adelanto, estuvieron marcando las horas desde la salida del sol hasta su puesta.



“En una casa privada de reciente construcción, situada en el barrio alto de dicha localidad, este gran reloj en forma de libro se convierte en un vistoso elemento decorativo. Los apliques de chapa pintados en negro y los resaltes geométricos a manera de estucos sirven también a esa función ornamental. Como remate del mismo figura la leyenda: TEMPUS FUGIT.” Ramírez Martínez, José Manuel. Relojes de sol en la Rioja, pág. 76, Logroño, 1991.

Localidad: **LABRAZA**
Situación: Parroquia de San Miguel.
Material: Pintado
Tipo: VM. Sin acabar
Autor: Borja Pérez
Fecha: 2006

Situado sobre la fuente entre el pórtico y la torre. Traza radial enmarcada en un rectángulo de esquinas cortadas en escocia. En el extremo de las líneas horarias lleva pintadas las horas en números arábigos de 9 de la mañana a 4 de la tarde. Está sin terminar: le faltan tres líneas. Forma un bonito conjunto con la fuente.



Localidad: **LABRAZA**
Situación: C/ San Roque 9
Material: Placa de arenisca
Tipo: VDP
Autor: Taller RA
Verónica Montero
Felipe Miguel
Fecha: 2001.



Está empotrado en la fachada de la segunda planta de la casa. Grabado en una placa de piedra arenisca y adornado con tres motivos circulares en la parte superior: la Luna, el árbol de la vida y el Sol.

Vertical declinante a poniente con las horas pintadas en pequeños cuadros rehundidos, escritas en números romanos recortados en chapa de hierro, de VII de la mañana a VI de la tarde. La varilla se ha desprendido del polo por lo que la sombra no coincide con las líneas horarias. Firma: V. M.

NOTAS ADICIONALES SOBRE LOS CALENDARIOS.

Por Luís Hidalgo Velayos

La Gnomónica y el calendario tienen muchos puntos en común. Los relojes antiguos y astrolabios tienen fechas difíciles de datar y algunos relojes solares no identifican con claridad las curvas de declinación, correspondientes a una fecha determinada. El gnomonista quiere medir el tiempo mediante los relojes de sol, los calendarios hacen lo mismo pero con otra escala diferente. Siguiendo la tradición han sido gnomonistas célebres los que se han preocupado en la reforma Gregoriana del calendario Juliano: Sacrobosco, Regiomontano, Danti, Clavio y no solamente los clásicos de la Gnomónica sino que en su confección han participado matemáticos, astrónomos historiadores y la Iglesia Católica.

Cuando estoy escribiendo estas notas es Domingo 28 de Noviembre del año 2010, según el calendario Gregoriano; para un ortodoxo ruso recalcitrante y otros no rusos que todavía siguen aferrados al antiguo calendario Juliano es el 15 de Noviembre del 2010 (13 días menos) para un musulmán es el 22 de Dhu I Hijja de 1431, para un chino es el 23 del mes 10º del año 4647, para un judío es el 21 de Kislev del año 5771. Se podría citar otros más, lo que haría su lectura poco atractiva.

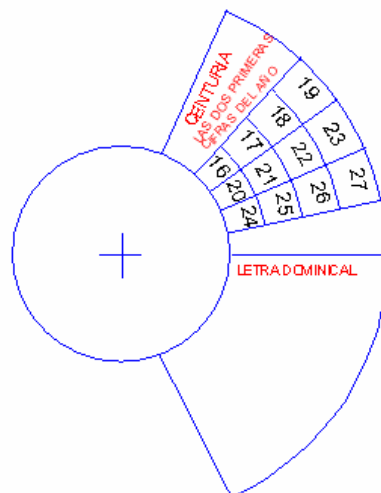
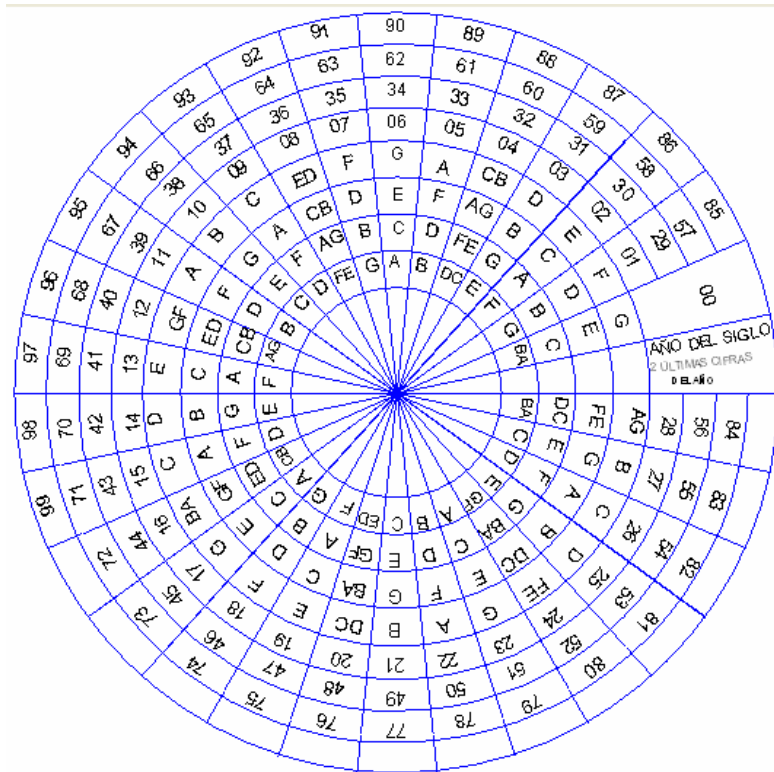
Si se han mencionado aquí, es para darse cuenta de que existen muchos mas calendarios que el Gregoriano, aunque por razones políticas y económicas, es el mas extendido y utilizado por todo el orbe. Y al que nos vamos a referir fundamentalmente y tratar de dar una idea de la concepción y justificación del anterior artículo del Calendario Perpetuo.

Ya había dicho, en el artículo anterior, que el calendario perpetuo estaba ligado básicamente a la letra Dominical (L.D.), al ciclo repetitivo solar (cada 28 años) y a un periodo cíclico de 400 años. Conociendo esta letra se puede determinar la estructura de un año determinado.

A cada letra se le asigna un número y así A = 1; B = 2 ; C = 3 y a la G = 7. Precisamente esta letra (o número) nos va a indicar en que día de la semana cae el primer domingo del año.

Letra Dominical	A	B	C	D	E	F	G
Día de Enero en que cae	1	2	3	4	5	6	7
el primer Domingo							
El 1º de Enero cae en	Domingo	Sábado	Viernes	Jueves	Miércoles	Martes	Lunes

Se incluye, a continuación, el dibujo de un disco circular en el que figuran las letras Dominicales, desde el año 1600 hasta el 2799. También se comentaba que los años bisiestos tienen dos letras, la primera para aplicar hasta el 29 de Febrero inclusive y la segunda para el resto del año.



Las fórmulas para averiguar la letra dominical de los años bisiestos, vienen referidas a la segunda; la que marca el primer domingo es la letra primera que corresponde a la letra siguiente en el abecedario. En los años normales solo hay una letra dominical.

Existen varios métodos para averiguar la letra dominical correspondiente a un determinado año.

El siguiente algoritmo determina cualquier día de la semana de una fecha cualquiera.

Para el calendario **Gregoriano**:

$a = (14 - \text{Mes}) \text{ Coc } 12$.

$y = \text{Año} - a$.

$m = \text{Mes} + 12 \times a - 2$.

$$d = [\text{Día} + y + (y) \text{Coc } 4 - (y) \text{Coc } 100 + (y) \text{Coc } 400 + (31 \times m) \text{Coc } 12] \text{ Mod } 7.$$

Para deducir el día en el calendario **Juliano**.

Siendo iguales la a, la y, y la m, a las calculadas para el Gregoriano y en este caso:

$$d = [5 + \text{Día} + y + (y) \text{Coc } 4 + (31 \times m) \text{Coc } 12] \text{ Mod } 7.$$

Esta última fórmula es muy útil para buscar el día de la semana de un evento anterior al 1582 y no hay necesidad de conocer la Letra Dominical, ni aplicar ésta sobre un calendario Eclesiástico perpetuo, que funciona tanto para el calendario Gregoriano como Juliano, como más adelante se comprobará con el mismo ejemplo.

El significado en las fórmulas es el siguiente:.

Coc = cociente entero, es decir, sin decimales.

Mod es el resto de la división y se obtiene hallando la diferencia entre el dividendo y el producto del cociente entero por el divisor.

Si se obtiene $d = 0$ es domingo, 1 para el lunes, 2 para martes, 3 para el miércoles.....y 6 para sábado.

Ejemplo: Deseamos conocer que día de la semana era, cuando Rodrigo de Triana gritó Tierra!!, refiriéndose a la isla de Guanahani el 12 de Octubre de 1492.

$$a = 0$$

$$y = 1492 - 0 = 1492$$

$$m = 10 + 12 \times 0 - 2 = 8$$

$$d = [5 + 12 + 1492 + 373 + 20] \text{ Mod } 7 = 5$$

Luego era **Viernes**.

Esta fórmula de carácter general la aprovecharemos para deducir la Letra Dominical del año 2011; calculemos, de entrada, en que día de la semana caerá el día 1 de Enero de ese año.

.

$$a = (14 - 1) / 12 = 1$$

$$y = 2011 - 1 = \mathbf{2010}$$

$$m = 1 + 12 \times 1 - 2 = \mathbf{11}.$$

$$d = [1 + 2010 + 2010 / 4 - 2010 / 100 + 2010 / 400 + (31 \times 11) / 12] \text{ Mod } 7 = \mathbf{6}$$

Lo que nos indica que el día 1 de Enero del año 2011 será sábado y por lo tanto el primer domingo del año será el **2**, que corresponde a la Letra Dominical **B**, según se ha comentado párrafos anteriores.

Otro procedimiento es aplicar la Fórmula de De Morgan.

$$d = [\text{Año} + 1 + (\text{Año}) / 4 + (\text{Centuria} - 16) / 4 - \text{Centuria} + 10] \text{ Mod } 7 + 1 = \mathbf{6} + 1 = 7$$

Si $d = 1$, la letra Dominical es LD = 1, si es mayor que 1, la letra dominical es:

$$\text{LD} = 9 - d$$

Para el año 2011, $d = 7$

Luego, letra Dominical LD = $9 - 7 = 2$ que corresponde a la **B**.

Para el año 2012 (bisiesto), $d = 2$

Luego letra Dominical LD = 7 que corresponde a la **G** (válida para el 29 de febrero en adelante, siendo A el primer domingo del año).

Otra forma de conocer la Letra Dominical es cuando se sabe en que día cae el Domingo de Pascua del año.

En el año 2011 el Domingo de Pascua cae en el día **24 de Abril**, habiendo pasado por tanto 114 días del año (31 Enero + 28 Febrero + 31 Marzo + 24 Abril). Si se divide $114 \bmod 7 = 2$ y que pertenece a la **B**.

Se hace la salvedad que en los años bisiestos la letra Dominical obtenida con este proceder es la primera, mientras que la segunda la **A** es la aplicable a partir del 1 de Marzo hasta el final del año.

Es el modo de obtener la Letra Dominical más simple y rápido, aunque lógicamente se debe conocer la fecha del domingo de Pascua, para lo cual se adjunta una tabla en forma de disco con las fechas de esta fiesta móvil desde el año 2008 hasta el 2121. obtenidas por la siguiente fórmula de Gauss:

$$a = (\text{Año}) \bmod 19$$

$$b = (\text{Año}) \bmod 4$$

$$c = (\text{Año}) \bmod 7$$

$$d = (m + 19a) \bmod 30$$

$$e = (n + 2b + 4c + 6d) \bmod 7$$

$$f = e + d.$$

m y n son valores que dependen de los siglos.

Para el siglo actual son

$$m = 24$$

$$n = 5.$$

La fecha de Pascua viene dada por:

$$DP = f + 22 \text{ de Marzo, o por}$$

$$DP = f - 9 \text{ Abril.}$$

Hay una excepción a esta regla que ocurre 9 veces cada 25 siglos; cuando el valor nos da 26 de Abril o incluso 25 de Abril como sucedió en el año 1954, siendo:

$$d = 28 \text{ y } a > 10$$

entonces hay que restar una semana a la cifra obtenida.

$$25 \text{ Abril} - 7 \text{ días} = \mathbf{18} \text{ de Abril.}$$

Ejemplo Calcular el Domingo de Pascua del año 2011.

$$a = 16$$

$$b = 3$$

$$c = 2$$

$$m = 24$$

$$n = 5$$

$$d = 28$$

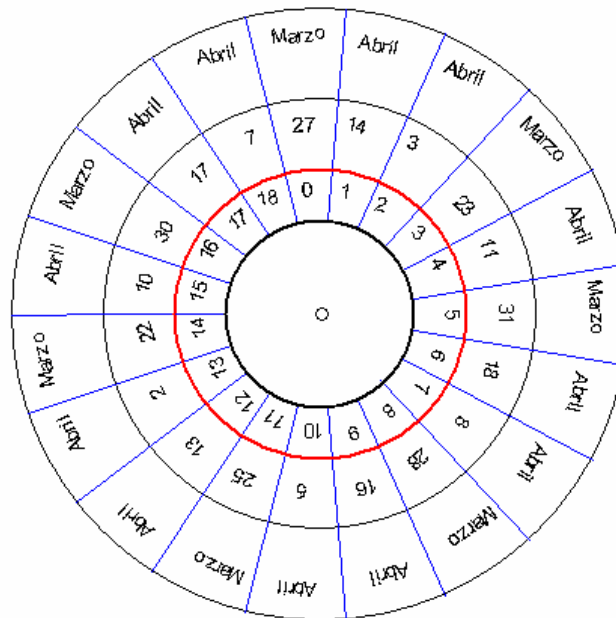
$$e = 5$$

$$f = 28 + 5 = 33.$$

$$\text{Domingo de Pascua } f = 33 - 9 \text{ Abril} = \mathbf{24 \text{ Abril.}}$$

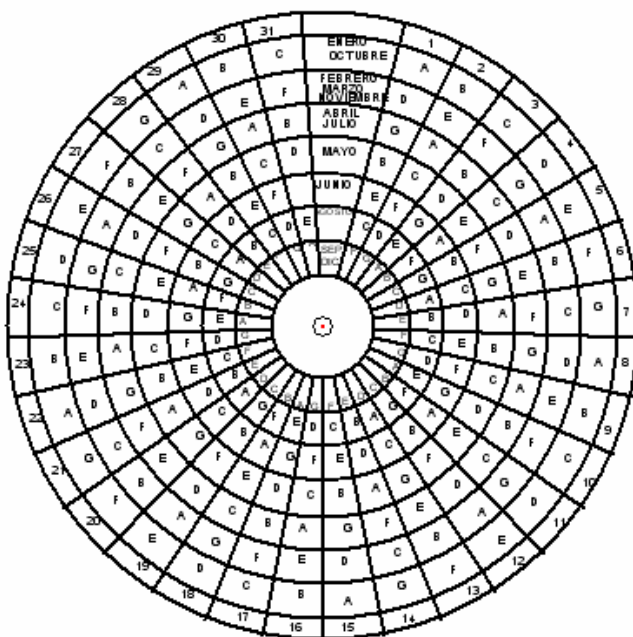
Existe un método más expedito y grafico de obtener el Domingo de Pascua mediante la Luna Pascual.
 Exige calcular el número Áureo y el conocimiento la Letra Dominical.
 $\text{Número Aureo} = (\text{Año} + 1) \text{ Mod } 19.$

LUNA PASCUAL (BASADAS EN NÚMERO AUREO)



Número Aureo = año + 1 / 19 = resto
 Ej 2011 $N^{\circ}\text{Aureo} = 2012/19$
 Resto = 2012-1995 = 17 Luna Pascual 17 de Abril
 Letra Dominical = B Domingo Pascua 24 Abril

CALENDARIO ECLESIASTICO PERPETUO



Si se conoce el número Áureo y la letra Dominical del año la fecha del domingo de Pascua será el primer domingo siguiente a la fecha de la luna Pascual (Luna Llena). Una vez obtenida la fecha, se debe buscar en el calendario Eclesiástico perpetuo el primer día después que tenga la letra Dominical del año.

En el ejemplo del 2011 el número Áureo calculado es el 17 y el plenilunio en ese año cae en 17 de Abril según se aprecia en el dibujo . Debemos llevar esa fecha al calendario perpetuo y observamos que la fecha cae en el mes de Abril el día 17 en una B que es un domingo. Como el domingo de Pascua es *después* de la fecha del plenilunio, la fecha de domingo de Pascua es 7 días mas tarde, es decir, el **24 de Abril**.

Miércoles de Ceniza D:P - 46 = 9 Marzo; Ascensión D:P + 39 = 2 Junio; Corpus Christi D:P + 60 dias = 23 Junio.

$$\text{N}^\circ \text{ del Ciclo solar} = (\text{año}) + 9 \text{ Mod } 28 \quad 1492+9 = 1501/28 \text{ resto} = 1501-1484 = 17.$$

LETRAS DOMINICALES

Año del ciclo solar = (Año + 9) / mod 28

DE LOS AÑOS JULIANOS

1383--1582

Año del ciclo solar	Letra Dominical
0	A
1	B
2	C
3	D
4	E
5	F
6	G
7	A
8	B
9	C
10	D
11	E
12	F
13	G
14	A
15	B
16	C
17	D
18	E
19	F
20	G
21	A
22	B
23	C
24	D
25	E
26	F
27	G

A continuación debemos mirar en el calendario Eclesiástico perpetuo en el mes de Octubre donde observaremos que el día 14 del mes de Octubre, se enfrenta a una G (Domingo) luego el día 12 es VIERNES.

Otro Ejemplo del calendario Juliano: ¿Qué día de la Semana fue la Rendición del reino de Granada a los Reyes Católicos el día 2 de Enero de 1492?

Conocemos por el ejemplo anterior que la Letra Dominical a emplear, al ser bisiesto, es la primera es decir la A Solo nos resta buscar en el Calendario Eclesiástico perpetuo y vemos que el día 1 de Enero fue domingo luego el día 2 de Enero de 1492 cayó en Lunes cuando Boabdil entregó las llaves de la ciudad de Granada, al Rey Fernando.

Se habrá observado en el interior del dibujo un año que llama la atención en un calendario Juliano 1383 fecha en la que queda abolida la Era de España que se utilizó desde la edad Media en España y Portugal . En este último país se continuó usándola hasta principios del Siglo XV Esta Era de España se diferencia de la juliana en que comenzó el 1º de enero del año 38 antes de Jesucristo Por lo que un año de la Era pongamos por caso $1138 - 38 = 1100$ A D (fecha Juliana) e inversamente si se le suma $38 = 1138$ de la Era de España.

Salvo esta reseña puramente de carácter histórica y concerniente solo a la península Ibérica el calendario juliano sigue teniendo su identidad desde que se instauró en tiempos de Julio Cesar hasta la Reforma Gregoriana. La iglesia ortodoxa rusa todavía lo utiliza y como ejemplo el día de Navidad 25 Diciembre del actual calendario Gregoriano se celebra el día 7 de Enero del año siguiente del mismo Calendario por llevar retrasados 13 días.

Se ha utilizado el número Áureo, la luna Pascual en relación con la Epacta, el ciclo solar.

Se tratará de hacer un pequeño comentario sobre estos vocablos, la manera de obtenerlos y su uso y de dotar un sistema de discos, a manera de ábaco, para no tener la necesidad de hacer ningún cálculo.

Número Áureo.

En el siglo V antes de Cristo, un astrónomo ateniense llamado Metón descubre que cada 19 años las fases de la luna se repiten en los mismos días del año. (Este ciclo se conoce por eso como Ciclo de Metón). El año en que se descubrió fue grabado en letras de oro sobre un ara de un templo de Atenas, de ahí el nombre de áureo .Existen otras especulaciones sobre dicha historia pero carentes de interés para nuestros propósitos.

El número Áureo es el resto de dividir el (Año mas uno) por 19 . Que se expresa matemáticamente: $(\text{Año} + 1) \text{ Mod } 19$. Actualmente lo hemos utilizado para averiguar la luna Pascual y también para obtener la Epacta.

.

Epacta: La Epacta es la edad de la luna el día 1 de Enero del año en cuestión. Es decir, los días transcurridos desde el último novilunio de diciembre del año anterior. Se utiliza para el cálculo de las fases lunares.

Cálculo.

Número Áureo $\equiv (\text{Año} + 1) \text{ Mod } 19$.

Epacta **Juliana** $= [(n^\circ \text{ Áureo} - 1) \times 11] \text{ Mod } 30$.

Ecuación del Sol E.S. $= (3 \times 20) / \text{Coc } 4$.

Ecuación Lunar $= (8 \times 20 + 5) / \text{Coc } 25$.

Epacta **Gregoriana** $= \text{Epacta Juliana} - \text{ES} + \text{EL} + 8$.

.

Ejemplo para el año 2011 $N^\circ \text{ Áureo} = 2012 / 19$; resto = **17**.

Epacta Juliana $= (16 \times 11) \text{ Mod } 30 = \underline{26}$.

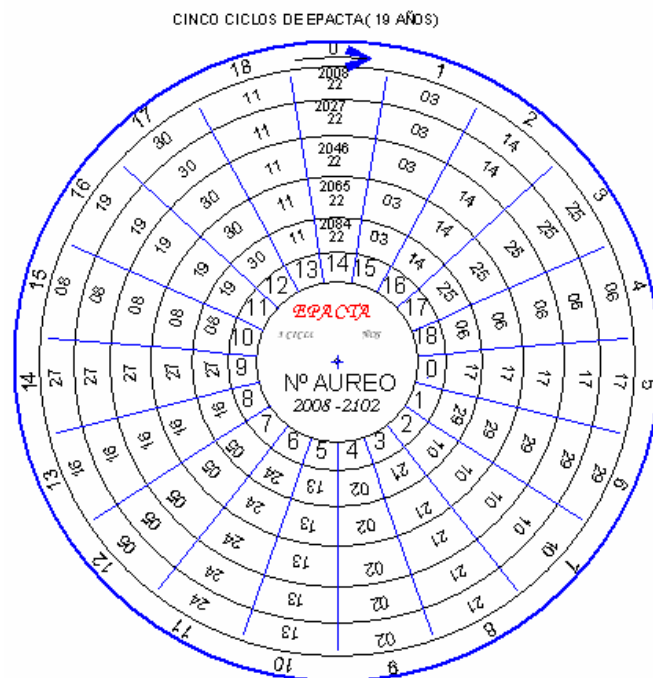
Ecuación del Sol $= 60 / 4 = \underline{15}$.

Ecuación Lunar $(8 \times 20 + 5) / 25 = \underline{6}$.

Epacta Gregoriana $= 26 - 15 + 6 + 8 = \underline{25}$.

.

Se puede apreciar en la figura siguiente, que en frente del nº Áureo 17 se opone a la Epacta 25 que son los días que han transcurridos desde la luna nueva.



Ejemplo: Se pretende conocer el Nº Áureo y la Epacta del año 2011.

Como el origen del disco es el 2008 hay que sumar 3. Miramos en el 3 que se enfrenta al Nº Áureo 17 y con la Epacta 25.

Ciclo Solar: Solo se emplea para conocer la letra Dominical en los años Julianos.

Obtención: $(\text{Año} + 9) \text{ Mod } 28$.

Vimos en los ejemplos anteriores del año $1492 + 9 / 28$, resto. = 17.

En la figura anterior, al ciclo solar 17 se enfrenta la letra dominical AG, (doble por ser un año bisiesto).

Para los años Gregorianos se han tratado los diversos procedimientos para hallar la letra Dominical.

En el artículo anterior, se ofrecía un calendario perpetuo en el que el anverso se establecen las letras Dominicales desde el año 1600 hasta el 2799 Existe un hiato de 17 años desde el año 1583 hasta el 1600, carentes de la letra dominical, en esa figura. Esta se puede averiguar fácilmente aplicando $1500 + 400 = 1900$. Ya que a estos efectos las centurias se repiten cada 400 años. En lugar de la centuria (15) tomaremos la centuria (19) y así, si queremos conocer la letra Dominical del año 1583 aplicando la centuria 19 y el año 83, tendremos que la letra Dominical es la **B**, lo que significa que el día 2 es el primer domingo del año.

Se ha operado de una forma similar a la ampliación hacia el futuro del año 2799 hasta el 3199 comentado en el artículo anterior, solo que aquí es 17 años hacia el pasado del 1600 al 1583.

© Luís Hidalgo, Noviembre, 2010

FE DE ERRATAS.- En el artículo CALENDARIO PERPETUO publicado en Diciembre 2010 se ha detectado una errata que se corrige a continuación:

En el citado artículo refiriendo al uso del calendario se dice, que las torres gemelas del World Trade Center sufrieron el atentado que llevó a su destrucción, el día 11-Septiembre del 2002 ,, cuando en realidad fue el 11 Septiembre del 2001 es decir que existe el error del año , lo que origina el error de un día de la semana . Así en el 2001 cayó en MIÉRCOLES y no en Jueves cuando se emplea el 2002.

RAYOS DEL SOL PARA MEDIR EL ESPACIO

Por Rogelio Meléndez Tercero.

Algunos ejemplos de cómo en el pasado (Eratóstenes) y en la actualidad (parques solares didácticos); los rayos del Sol sirven para medir el espacio.

Es de amplio conocimiento que los rayos del sol sirven para medir el tiempo ;; que nos lo digan a los aficionados a la gnomónica;;.....pero dada la interconexión espacio-tiempo cabría preguntarse por su utilidad para medir alguno de los parámetros del **espacio**. Veamos lo que podemos decir al respecto.

Una de las mas célebres mediciones efectuadas en toda la Historia es la llevada a cabo por Eratóstenes de Cirene (en el año 240 a J.C) y que consistió en calcular el diámetro de La Tierra a partir de la **pendiente de los rayos solares** en un instante dado y en dos ciudades diferentes Siena (cerca de la actual Assuan) y Alejandría. Mucho se ha hablado y escrito desde entonces sobre tan célebre operación que entra de lleno en el campo de la geodesia y en otras áreas de la física. Por lo que yo conozco y en tiempos muy recientes, según publicaciones en el boletín de la Asociación Leonesa de Astronomía (LEO nº 79.julio-agosto 2006), tal medición y como instrumento didáctico se ha repetido participando en la operación dos centros de enseñanza secundaria el IES “Ramiro II” de La Robla (León) y el IES “Francisco Pacheco” de Sanlúcar de Barrameda (Huelva). No obstante de todo lo que yo he leído al respecto, uno de los detalles que mas me han llamado la atención es una escueta puntualización que I.Assimov (“Nueva Guía de la Ciencia”.Mayo 1993), hizo al comentar el resultado obtenido por el sabio helenista de la antigüedad ya que señala que este (resultado), fue bastante correcto, pero “quizá por casualidad”. Merece la pena pues analizar el tema.

LA ANTIGUA IDEA SOBRE NUESTRO PLANETA

En época de Eratóstenes es bastante probable que muchas personas no tuviesen claro que La Tierra es en realidad una esfera prácticamente perfecta. Aunque para quienes viven cerca del mar (como en Mallorca) es relativamente sencillo ver que la superficie terrestre “ha de ser esférica”, no ocurre lo mismo si se vive entre montañas, como en El Bierzo. En uno de sus pueblos -Castropodame- en los años 60 del pasado siglo, aún el maestro de su escuela preguntaba a sus alumnos- para tantear su capacidad de comprensión - si estaban seguros de que La Tierra era redonda, porque así a simple vista no lo parece. Bien es cierto que aún entre montañas hay motivos para sospechar que la redondez de nuestro planeta es una realidad, pero.....

Eratóstenes debió pensar que si la Tierra era plana entonces los instantes de orto, ocaso y culminación del Sol tendrían lugar en un **mismo instante** en todo el Mundo y lógicamente que en un instante dado la pendiente y la dirección de los rayos solares sería la misma en todo el Mundo. Pero observó que en una fecha y hora concretas en Siena los rayos del Sol caían tan “a plomo” que se reflejaba el astro en el agua y sin embargo no ocurría lo mismo “en el mismo” instante en Alejandría. Era la prueba evidente de que la superficie de la Tierra tiene una cierta curvatura. A partir de aquí y **suponiendo que ambas ciudades están sobre un mismo meridiano**, conociendo la distancia entre ambas y también el ángulo que los rayos del Sol forman con el cenit en Alejandría el problema esta resuelto.

No obstante es evidente que tuvo suerte yo diría que **mucha suerte** el sabio griego (quizá por ello habla Assimov, de “casualidad”), pues en la medida en cuestión y dada la época era muy probable que cometiese errores de bulto en la toma de datos. .Veamos.

LAS MULTIPLES FUENTES DE ERROR

Como es de sobra conocido al efectuar cualquier medida (Teoría de Errores) existe SIEMPRE un margen de indeterminación o incertidumbre que en muchos casos es despreciable pero en otros no.

En el caso que nos ocupa resulta que Alejandría (31,25° N/ 30° E) y Siena (24° N/33° E) no están sobre el mismo meridiano , lo que supone que el mediodía solar es en Alejandría 12 minutos después que en Siena. En este caso, este detalle resulta “despreciable”; pero si la diferencia hubiese sido mayor ¿se

habría dado cuenta Eratóstenes?. Una diferencia de longitudes mucho mayor implica mas distancia a igual diferencia de latitud y por ello la tendencia hubiese sido a obtener un tamaño de La Tierra mayor del real. Además una indeterminación de la distancia entre ambas ciudades también influye. En efecto yo obtengo 860 Km. (por trigonometría esférica) que corresponden a un arco de $7,74^\circ$ sobre un **círculo terrestre máximo**. Aunque la diferencia de latitudes es de sólo $7,25^\circ$. El hecho de que no estén en el mismo meridiano hace que el arco sea de $7,74^\circ$. Sobre un atlas obtengo 831 Km. Para que las cuentas “cuadrasen” bien deberíamos tener ambas ciudades sobre un mismo meridiano y con la diferencia de $7,25^\circ$ y a una distancia de exactamente 806,16 km (arco de $7,25^\circ$ sobre círculo máximo terrestre y con radio de la Tierra de 6371 km). Eratóstenes pudo perfectamente (dada la época) haber cometido un error notable en la medida de la distancia y entonces,.....

No obstante yo creo que en una operación como la que estamos analizando, la mayor fuente de incertidumbre, o si se quiere donde más posibilidades había de cometer un error notable fue en la **determinación de las diferencias de altura** que el Sol alcanza en Siena y en Alejandría. El tamaño (diámetro) del pozo y su profundidad no los conocemos, pero unas medidas razonables o al menos muy posibles podrían haber sido las siguientes: diámetro de 2 m y el agua a 10 m de la superficie y así los rayos podrían incidir con un ángulo de $\pm 5,7^\circ$ separados de la vertical del pozo y verse reflejados. Pero $5,7^\circ$ es muchísimo en este caso. También se pudo haber cometido un cierto error, quizá no tan abultado al medir el ángulo de los rayos del Sol respecto a la vertical de Alejandría,....

En una palabra tuvo suerte. De hecho cuenta Assimov que otro sabio de la Antigüedad, Posidonio de Apamea, repitió la operación mas de un siglo después que Eratóstenes y obtuvo un resultado muy diferente, llegando a la conclusión de que La Tierra, no tenía 40.000 Km si no sólo unos 29.000, valor este que aceptó también Ptolomeo, que se consideró acertado durante la Edad media y que también considero acertado Colón cuando se lanzó a realizar su célebre viaje. Si se hubiese aceptado la medida de Eratóstenes, quizá Colón- especula Assimov- no se hubiese aventurado y la historia de la humanidad hubiese sido diferente. De casualidades esta hecha la Historia.

LOS RAYOS DEL SOL EN NUESTROS DIAS

Mi afición por este mundo de los relojes de sol nació cuando me lancé un poco a ciegas y al inicio de la década de los 90 del pasado siglo a realizar un reloj-calendario solar (un parque solar didáctico), para Castropodame (León). Al ir “un poco por libre”, según he señalado, siempre pensé en principio en la sombra de un **poste vertical** (no es pues el clásico gnomon). Teniendo en cuenta el terreno disponible y otros motivos que no vienen al caso, comencé a diseñar y construir un reloj-calendario solar a partir de la sombra de la parte superior de un poste vertical de 3 metros de altura. Ver foto.-1.



Foto .-1 Construcción parque solar didáctico de Castropodame

Si consideramos la traza de las sombras de este poste durante un año entero y como bien sabemos los aficionados a estos temas, obtenemos la típica forma de “doble hacha”. Ver foto.-2. Cuando ya los cálculos estaban bastante avanzados pensé en construir una esfera terrestre y sobre ella colocar un poste perpendicular a su superficie para reproducir a escala la traza de las sombras de la cumbre del poste. La sombra en la esfera en el globo terrestre debe dar lugar a unas trazas de las sombras muy similares a las obtenidas en el suelo. ¿Sería pues esta esfera un modelo a escala del reloj-calendario con su poste de 3m. de altura?. La forma de “doble hacha” que a lo largo del año y en suelo totalmente llano y horizontal dibujan las sombras ¿sería un reflejo de la esfericidad de La Tierra?. Aunque a primera vista puede parecer que si **la realidad es diferente**.



Foto.-2. Vista general del parque solar didáctico de Bembibre. Es evidente la forma de doble hacha

En una esfera de por ejemplo 1 m. de diámetro, un poste vertical de 10 cm. equivale a un poste sobre el suelo de 1274,2 km. En el caso del poste de 10 cm. sobre una esfera terrestre de 1 m. de diámetro en la forma de “doble hacha” **influye notoriamente la curvatura**, es decir la **forma y tamaño** de esa esfera de 1 m. de diámetro. Sin embargo en el caso del reloj-calendario de las fotos 1 y 2 evidentemente no, porque la curvatura terrestre y dado el tamaño de nuestro Planeta es despreciable en el espacio ocupado por el reloj-calendario. Unos sencillos cálculos demuestran que por cada 8 km. de arco terrestre sobre círculo máximo el suelo “se hunde” unos 5 m. Si consideramos no un círculo terrestre máximo si no el correspondiente a un paralelo de 42,5° (latitud a la que se hallan los parques solares didácticos de las fotos), resulta que a un arco de 8 km. le corresponde un “hundiendo” del terreno de 6,8 m. Sigue siendo muy poco y esto lo que viene a demostrar es que si la forma de La Tierra fuese la de un cubo -por ejemplo- en una de cuyas caras se construyesen relojes-calendario similares a los de las fotos, la forma de estos, no cambiaría. Los parques solares didácticos de Castropodame y Bembibre (actualmente hay otros mas similares repartidos por diversas partes del Mundo) **no sirven** pues para mostrar que La Tierra es redonda, ni tampoco para conocer sus dimensiones.

Sin embargo un conjunto de ellos (cuanto mas distantes mejor) si cumplirían a la perfección este cometido. En un instante dado la posición de las sombras en cada uno de ellos sería diferente y conociendo sus distancias (longitud de arco) podríamos determinar, la **forma y medidas** de la Tierra. Se trataría del problema de Eratóstenes pero “en plan moderno”.

En realidad no es preciso recurrir a tal extremo. Hoy día las imágenes en directo de la televisión nos permiten percibir a simple vista como en un instante dado la posición del Sol varía de una parte a otra de España, por ejemplo. Si La Tierra fuese plana esto no podría ocurrir en modo alguno, como es evidente.



Foto.-3. Detalle de la zona central del parque solar didáctico de Bembibre
RELACION ENTRE POSICION Y MOVIMIENTOS DE LA TIERRA.

Ahora bien lo que sí delata y de modo bien evidente esa forma de “doble hacha” de parques solares didácticos como los de las fotos 1-2 y 3, es la **interconexión** que existe entre los **diferentes movimientos** de la Tierra y su **posición** en el espacio. En efecto si el plano del Ecuador estuviese paralelo al plano de la eclíptica la traza de las sombras día tras día se reduciría ¡¡a una simple línea recta¡¡. Dicho de otro modo la función calendario solar sería imposible. El hecho de que el plano del Ecuador y la eclíptica formen un ángulo de $23,5^\circ$ (aproximadamente) hace sin embargo que las curvas (hipérbolas), que las sombras dibujan en el suelo día tras día sean diferentes y se hallen en distinta posición respecto al poste de 3 metros.

Aun hay mas si en la situación actual el movimiento de **precesión** de la Tierra fuese tal que se completase no en 26.000 años si no sólo en 365,25 días (un año) nos ocurriría lo mismo que si estuviésemos en el caso anterior. Lógicamente lo mismo ocurriría si La Tierra no girase en torno al Sol, aunque claro el movimiento de traslación es esencial para que nuestro planeta “no caiga para el Sol”.

Por otra parte una de las características más singulares de los parques solares didácticos, es que su forma cambia con la **latitud** sobre todo. Por ejemplo, en un parque de este tipo ubicado a latitudes superiores a los círculos polares, la traza del solsticio de verano se cierra sobre si como no puede ser de otro modo. Quizá un análisis detallado de esta cuestión justificaría la redacción de un pequeño artículo.

La “curvas” cóncavas o convexas citadas delatan una serie de movimientos de nuestro planeta y en que **modo** estos se producen. En definitiva podemos decir que el análisis de las diferentes formas de incidir los rayos del Sol en un punto de la tierra a lo largo del año, sirven para medir el paso del tiempo y asimismo nos informa sobre ciertas características del movimiento de La Tierra, si bien **no de su forma, ni medidas**. Por otra parte el análisis realizados en un instante dado pero en puntos separados de la superficie terrestre, sí nos sirve para descubrir la forma de estay sus medidas. Estamos pues ante un claro ejemplo de la interconexión espacio/tiempo.

Bembibre 25 de febrero de 2011.

© Rogelio Meléndez, 2011

SOBRE EL RELOJ DE SOL DE EL RETIRO DE CHURRIANA

F. J. Albertos



Fig. 1 y 2. Vistas del reloj poliédrico de El Retiro.

Fray Alonso de Santo Tomás (Vélez-Málaga, 1631 – Málaga, 1692)



Fray Alonso de Santo Tomás (Alonso Henríquez de Guzmán), era hijo natural del rey Felipe IV y de Constanza de Orozco y Rivera, marquesa de Quintana, hija del primer marqués de la Mortara, y dama de la reina Isabel de Borbón. Conocemos de aquella, algunas cosas como:

“la agudeza de su ingenio, viveza de sus acciones, ninguna torpeza de sus sentidos, admirable prevencion y aviso en preguntar y responder... del color de su cabello, que era rubio, tirante a blanco...”, “ver morir en la flor de sus años, a una señora noble, rica y hermosa... principalmente aviendo muerto... sino en la mocedad [de 23 años]”

(en P. Francisco de Cabrera, *Onras que hizieron en Antequera a la Nobilissima Señora Doña Constanza de Orozco, marquesa de Quintana, miércoles 30 de agosto de 1634*). No es descartable que le diesen veneno, Pedro de Soto pone la sospecha en boca de la marquesa, cuando se encontraba enferma, de que: ***“si era acaso veneno la causa de su mal”*** (*Respuesta a la relacion de la enfermedad de la marquesa de Quintana que el doctor Juan de Biana medico desta ciudad de Malaga,*

(Izquierda, Fig. 3. Fray Alonso de Sto. Tomás. Museo de Arte de Cataluña, Barcelona).

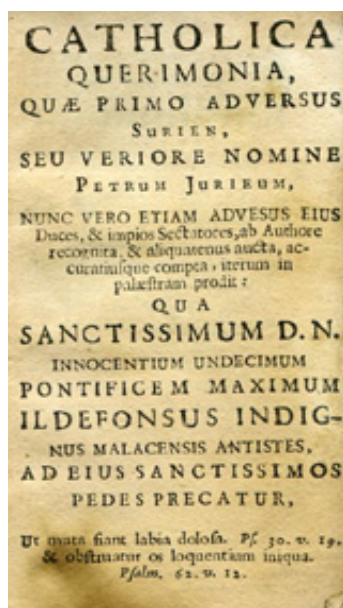
escribió contra el doctor Tomas del Castillo Ochoa, catedrático de prima en propiedad en la insigne e Imperial Universidad de Granada y Médico de la dicha ciudad de Málaga, 1634, Pedro de Soto, pp. 6, 39v; el médico Juan de Viana está citado por Cecilio García de la Leña en *Conversaciones Históricas Malagueñas*, descanso VI, p. 131). Al morir su hijo sólo tenía 3 años.

Se conserva retrato suyo en el Museo de Arte de Cataluña, atribuido a Juan Bautista Salvi, llamado Sassoferato, a Alonso Cano y a Juan Bautista Maino (en el *Butlletí dels Museus d'Art de Barcelona*, agosto 1935, se dice que fue donado por la Sra María Badeigts, viuda del marqués de Cornellá, Ramón Ferrer y Estruch, Barcelona, 1868-1931) aparentando unos 18 años, apreciándosele el mentón prominente de los Habsburgos, Casa de Austria, siendo su cabello de color rubio, como el de su madre. Asimismo, en *Oración fúnebre por Fr. Alonso de Sto Tomás*, de Salvador Ascanio, Málaga, 1692, p. 14, se dice: **“Que solo D. Fr. Alonso de Santo Thomas cortó y arrojó su dorado pelo...”**

Hermano de su madre fue Francisco de Orozco, segundo marqués de Mortara, y primero de Olías. Le acompañó buena estrella como militar, cuando la revuelta de los catalanes, en la llamada guerra de los Segadores. Participó en la toma de Barcelona (1652) con Don Juan José de Austria. En dos ocasiones fue virrey de Cataluña, escribiendo el libro *Conquista de Cataluña, 1652*, sobre estas campañas. Murió en Milán, en 1668, siendo su gobernador. También Fray Alonso de Sto Tomás, entonces maestro de estudiantes del Real Convento de San Pablo de Sevilla, del Orden de Predicadores, escribió sobre este tema, el impreso: *Sermón predicado en la Santa Iglesia de Sevilla... dándole las gracias por el feliz triunfo, que tuvieron las Armas de Su Magestad en la restauración del Principado de Cataluña*, Sevilla, 1652.

Fray Alonso fue nombrado en el año 1664, contando sólo 33 años, XIX obispo de Málaga, hasta su muerte, en 1692, habiendo ocupado la silla malacitana durante 28 años. En 1661 lo había sido nombrado de Osma y en 1663 de Plasencia. Tan rápido ascenso sólo puede explicarse por su origen real.

Fr. Alonso de Sto Tomás, compró una hacienda llamada de Sto Tomás del Monte, que luego se llamó El Retiro, para su solaz. Luego fue ampliándose con más edificaciones, adornándose con obras de arte y con placenteros jardines por los sucesivos propietarios.



En Coimbra, 1654, se publicó el libro *Teatro Jesuítico*, por Francisco de la Piedad, que era un seudónimo, en el que se atacaba duramente a los jesuitas. En los *Avisos de Barrionuevo*, número LVIII, 13.03.1655, Biblioteca de Autores Españoles, tomo 221, se dice:

“Un libro de 50 pliegos ha venido a Madrid por la estafeta a diversas personas contra la Compañía de Jesús. Hame dicho persona que lo ha leído que es un asombro, y que dice maravillas contra ella, con estilo tan galante, lugares sagrados, profecías y excesos y faltas de particulares sujetos, que es un pasmo. Paréceme hubieron uno a las manos, y después de responder a él, han dado cuenta a la Inquisición, que ha mandado recogerlo: No se sabe donde se ha impreso. Es cierto, intítulase *Theatrum Jesuiticum*.”

La autoría de esta obra fue atribuida de forma persistente, por diversos escritores a Fr Alonso de Sto. Tomás, ya que, dada su calidad de hijo del rey, era uno de los pocos que podían haberse atrevido a su redacción.

Fig. 4. *Catholica Querimonia*. Fr. Alonso de Sto Thomas

No obstante, el obispo de Málaga para defenderse, escribió la conocida obra *Catholica Querimonia* (Queja Católica), en donde se rebatían las graves acusaciones contra los jesuitas citándose ampliamente el *Theatrum Jesuiticum*, con lo que, los de la Compañía, demostraron su agradecimiento. La primera edición de este libro se realizó en Málaga, en 1686, (siguieron otras ediciones en Madrid, Barcelona, Munich, Praga y Palermo. Hay una edición en español, México 1843: *Queja Católica que primero contra Surien o en su verdadero nombre Pedro Jurieu, mas ahora también contra sus corifeos e impios sectarios... la presenta Ildefonso, indigno obispo de Málaga...*). Con la siempre sospecha, de que él no fue el autor de *Catholica Querimonia*, sino que prestó parcial o totalmente, su real nombre para ello.

La condesa de Villa Umbrosa y Castronuevo, prima del obispo, le comunica a este las gracias de los jesuitas, referente a un libro que, se supone, se trata de *Catholica Querimonia*:

“El libro di a los padres de la compañía para que le leyesen, estan locos con él y me dicen suplique a V. S. Ilma. les embie mas para repartir en sus provincias o les de licencia para imprimirle, creo que algunos han escrito las gracias.”

(en *Cartas de Fray Alonso de Santo Tomas*, Archivo Díaz de Escovar, Málaga, carta nº 32, de 9 de julio de 1686). El P. Josef Zaragoza, S.J. había consagrado, no solamente dedicado, su libro *Esfhera en comvn Celeste y Terraqvea*, Madrid, 1675, a la citada condesa de Villaumbrosa, también marquesa de Quintana.



Fig. 5 y 6. *Esfhera en Comvn Celeste y Terraqvea*. Joseph Zaragoza, S.J., Madrid, 1675



En otro orden de cosas, en *Catholica Querimonia* se hace la muy interesante referencia a la enseñanza de las matemáticas y de la astronomía entre los emperadores y mandarines chinos, por parte de los padres de la compañía. En ella se transcribe una importante carta, fechada en Roma el 03.12.1681, del papa Inocencio XI al P. Ferdinand Verbiest, S.J. (Pittem, 1623 – Pekin, 1688), agradeciendo el envío de un misal vertido al chino, editado en Pekin, dedicado a este papa con observaciones astronómicas de China “*Missale videlicet Romanus Sinensi idiomate conscriptum & Imagines Astronomicas Sinensi...*”. Este jesuita fue uno de los que más se destacaron en sus saberes matemáticos y astronómicos en las misiones de China, continuando la labor de su predecesor el P. Matteo Ricci, S.J. (Macerata, 1552 – Pekín, 1610) y siguiéndole el P. Johan Schall von Bell, S.J. (Colonia, 1591 – Pekín, 1669). La estrategia de los jesuitas para introducirse en la corte china se sostenía en la divulgación y conocimiento de la ciencia y en la adopción de los usos y costumbres chinas, aunque esto último fue una de las causas de su futura caída, al no serles permitidos los ritos chinos por la Santa Sede.

Fig. 7. El P. Ferdinand Verbiest, S.J. (su nombre en chino es Nan Huai-jen) Colección particular, París

Sagrado y Divino Relox de sol

Curiosamente existe una obra contemporánea titulada *Sagrado y Divino Relox de sol, Christo Sacramentado*, del capuchino Fray Francisco de Guadix, que está dedicado “*Al Ilustrísimo, y Reverendísimo Señor Don Fray Alonso de Santo Tomás, Obispo que fue de Osma, y de Plasencia, y aora actualmente de Malaga, del consejo de su Magestad, &c.*” en la que aparece su escudo, agradeciéndole:

“la liberalísima munificencia con que V. S. Ilustrísima está socorriendo nuestros Conventos... Comun parecer fue de todos se... estampasse el luciente sol del Nombre de V. S. Ilustrísima, con cuyas luzes ilustrada, le veneraran las mal tiradas lineas, por lo Respetuoso de los rayos con que señalan sus horas. Nadie lo duda, y yo lo estoy mas cierto que todos, aviendo leydo aquel Rayo de luz, y de evangelica verdad, que V. S. Ilustrísima esparció para lustre de la Iglesia nuestra Madre, y contra aquel pertinaz, y sacrilego Herege Pedro Jurieo (Pierre Jurieu), y demás sequazes, a quien no dudo avrá confundido tan eficaz luz.”



Fig. 8. El P. Johan Schall S.J. (su nombre en chino es T'ang Jo-wang) Colección particular, París

Al citar esto último, el autor demuestra conocer *Catholica Querimonia* de Fr. Alonso de Sto. Tomás. Y, además, tener conocimientos sobre el diseño de relojes de sol:

“17. Disponese una pared, o sitio, que mire de Oriente a Occidente, tirase una linea sin mensura; poniendo signos, o letras, para que ordenadamente se mensuren los circulos, lineas angulos, grados, grados y sombra, o Gnomon, que son las circunstancias que se requieren para la fabrica, y todo lo tenemos con singulares primores en este dia... los grados, son el computo de la altura en que nos hallamos del Sol, que esta nobilísima son 37...”



Fig. 9. *Sagrado y Divino Relox de Sol*. Fr. Francisco de Guadix, Sevilla, 1687

Probablemente, ya existía el reloj poliédrico de sol que nos ocupa, y este fraile adulator aprovechó para dedicarle este impreso, como un regalo de agradecimiento al establecer un paralelismo entre las virtudes del obispo y el astro sol, en una imitación al reloj poliédrico de sol de mármol (Nótese que la Hacienda de Santo Tomás del Monte empezó su andadura en 1669, que la obra *Esphera en Común Celeste y Terráquea* de Joseph Zaragoza, fue impresa en Madrid en 1675 y esta obra, *Sagrado y Divino Relox de Sol*, de Fr Francisco de Guadix fue impresa en Sevilla, en 1687).

Juan José de Austria (Leganitos, 1629 – Madrid, 1679)

Este fue el único hijo reconocido, de entre el gran número de bastardos procreados por el rey Felipe IV. Su madre fue una afamada actriz de Madrid, llamada la Calderona, cuyo retrato aparece en un cuadro expuesto en el Convento de las Descalzas Reales de Madrid.

Fue nombrado en 1642, gran prior de la Orden de San Juan Malta. En su retrato y escudo puede verse la Cruz de San Juan de ocho puntas. Se dedicó a las armas, pero no siempre tuvo por aliada a la diosa Fortuna en sus acciones bélicas.



Fig. 10. Juan José de Austria, Anónimo, Museo del Prado

Fig. 11. Escudo de Armas de Juan José de Austria (obsérvese la Cruz de Malta)

Muy conocidos son los retratos de Ranuccio Farnesio (1530-1565), por Tiziano, (Fig. 12), y el de Lope de Vega (1562-1635), pintura atribuida a Eugenio Cajés, (Fig. 13), vistiendo ambos el hábito de la orden de San Juan y en el último, además, con su encomienda.



Fig. 12



Fig. 13

J. B. Juanini, que fue cirujano de Juan José de Austria, escribió de él, realzando su afición por las matemáticas y ciencias afines y su conocimiento de ellas, en su *Nueva Idea Physica*:

“No he hallado otro Principe que como Su Alteza tuviesse talentos tan universales y eminentes... En todas las partes de Mathematica era versadísimo; conocía y manejaba con gran destreza y acierto los Instrumentos... En la Geometria, Geografia, Cosmografia, hablava y obrava con la misma excelencia. Y como el mando de la Mar era el primer empleo que le destinó la prudente atencion del Señor Rey su Padre, tenia el Arte Nautica tan sabida que el Padre La Faille de la Compañia de Jesus, dixo al Rey: no sabia ya que enseñarle...”

Hay una obra en la que se citan como hermanos al rey Carlos II y a Juan José de Austria, y dedicada con toda intención a Fray Alonso, que era un tercero, no citándolo como tal, titulada: *Justissimo (aunque breve elogio) que las dos heroicas musas Clio y Caliope cantan celebrando el dia de Su Alteza el Serenissimo D. Juan de Austria principe del mar, gran prior de la insigne militar orden del Señor San Juan, meritissimo hermano de nuestro Augustissimo monarca D. Carlos II / que dedica y consagra al Ilmo. y Rmo. Fr. Alonso de Sto. Tomas, Juan de la Victoria Ovando Santarem, Málaga 1677.*

Jean Charles de la Faille, S.J. (Amberes, 1597 – Barcelona, 1652)

Estudió en el Colegio Jesuita de Amberes. En 1620 fue enviado para seguir estudios de teología y para enseñar matemáticas en el colegio de Dole (Jura, Francia) donde en 1621, fue ordenado sacerdote y publicando en 1625 en esta población su *Theses Mechanicae*. En 1629 fue nombrado profesor del Colegio Imperial de Madrid, en donde impartió clases de matemáticas. Antonio Palomino de Castro y Velasco, lo cita en *El Museo Pictórico y Escala Optica, Madrid, 1715, tomo I, p. 98*:

Por esso el Padre Juan della Faylle, Catedrático de Matemáticas, que fué, en el Colegio Imperial de esta Corte, se indigna contra el Vulgo ignorante de aquellos Pintores, que no estudian en la Optica la Ciencia de su Facultad (nota 28: “*Pictorum Vulgus Protothypon saepe saepius exprimendo, nullam Pictorie Artis, Quam Optica suggerit Scientiam acquirit.* P. Joan. De la Faille, in Prol. Aut. Libel. De centro gravit.”)



En 1638 fue nombrado Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias. En 1641 acompañó al duque de Alba en la campaña contra Portugal. En 1644 Felipe IV le nombró preceptor de su ilegítimo hijo: Juan José de Austria, a quien acompañó en sus expediciones militares. Con él estaba cuando, tras serle confiada una flota de seis galeras en el estrecho de Gibraltar, aportó en Málaga en mayo de 1647. En donde el padre Joan de Armenta, S.J., desde esta ciudad, en su carta de 14.05.1647, aventura que ambos hermanos, Juan José y Fr. Alonso, no llegaron a entrevistarse, testimoniando que le acompañaba embarcado **“el P. Falla de nuestra Compañía”**. Este jesuita murió en Barcelona, cuando fue tomada por Juan José de Austria en 1652.

Fig. 14. Jean-Charles della Faille, 1629, Van Dyck, Musées Royaux des Beaux-Arts de Belgique, Bruselas

Otra obra impresa del P. de la Faille fue: *Theoremata de centro gravitatis partium circuli et ellipsis*, Amberes, 1632 y los manuscritos *Tratado de Architectura*, 1636 y *Metodo de Geometria*, 1640 y otros ciertos / atribuidos sobre relojes de sol (ver *Joannes della Faille, S.J., Mathematics, Modesty and Missed Opportunities*. Ad Meskens, Institut Belge de Rome. Bruxelles-Rome, 2005, pp. 66, 68, 129, 131, 134).

La conexión jesuítica

Otros diversos autores jesuitas de renombre escribieron obras muy famosas, tanto teóricas como constructivas, sobre relojes de sol:

-*Gnomonices libri octo: in quibus non solum horologium solarium...*Roma, 1581, y *Fabrica et usus instrumenti ad horologium descriptione...* Roma, 1586.

Christophorus Clavius, S.J. (Bamberg, 1538 – Roma, 1612).

Este jesuita también contribuyó a la reforma del Calendario Gregoriano. Le ha sido dedicado un extenso cráter lunar que lleva su nombre; siendo recordados otros 37 jesuitas en la cartografía de nuestro satélite.

-*Ars Magna Lucis et Umbrae*, Roma, 1646.

Athanasius Kircher, S.J. (Geisa, 1602 – Roma, 1680). Su polifacética obra alcanzó 44 volúmenes.

-*Explicatio Horologii in Horto Regio Londini in Anglia an. 1669 erecti* y *An explication of the dial sett up in the Kings Garden at London an. 1669*, ambos en Lieja, 1675.

Franciscus Hallus, S.J., alias Linus (Londres, 1595 – Lieja, 1675). Estos libros corresponden a la descripción de un reloj de sol múltiple en King's Garden de Londres, erigido en 1669.

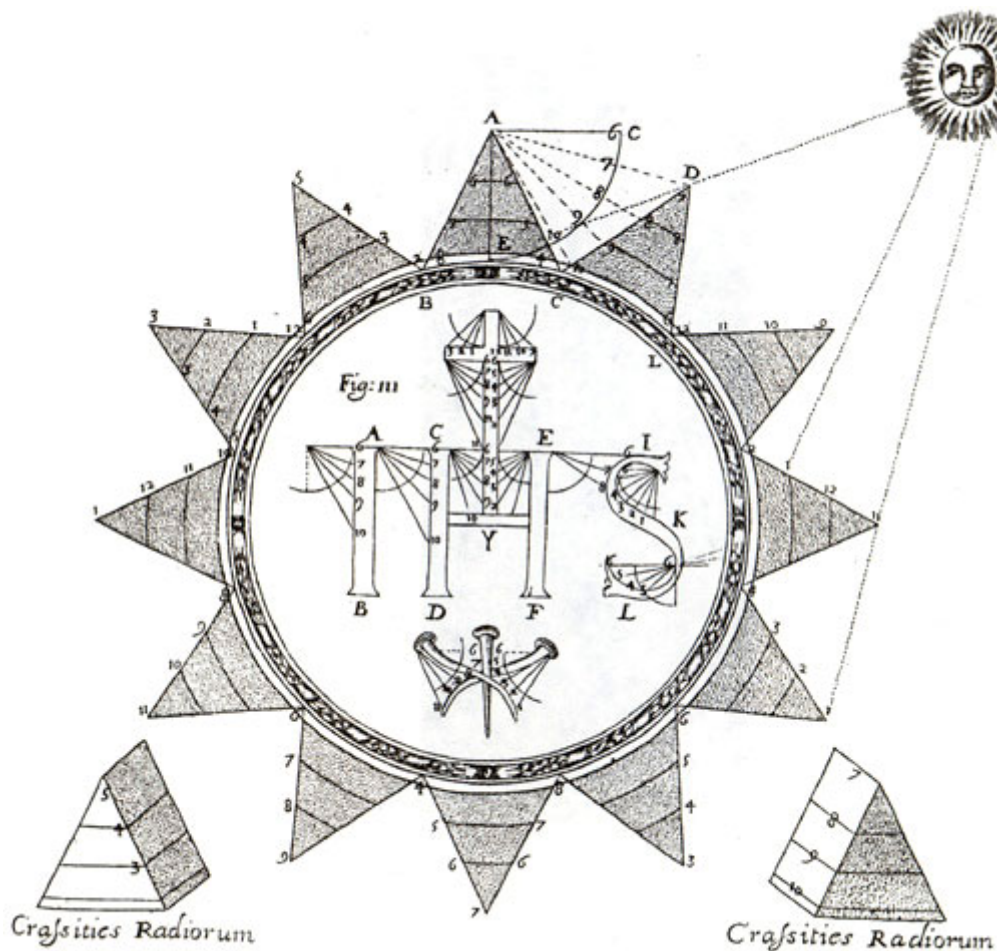


Fig. 15. Dibujo de un sol radiante de 12 puntas como reloj. *Ars Magna Lucis et Umbrae*, Athanasius Kircher, S.J. Roma, 1646.

Paul Perroud al describir el reloj de sol del santuario de Notre-Dame de Mont-Roland, a 6 kms al norte de Dole, que recuerda algo al de El Retiro, afirma sin ambages que **“fue construido, verosíblemente, por un jesuita que ocupaba el convento en 1663”**. Recordemos que el P. de la Faille estuvo en el colegio de Dole hasta 1625.



Fig. 16. Reloj de sol múltiple de Mont-Roland, Dole (Jura, Francia). Año 1663

Este Reloj de Sol de El Retiro, es una pieza maestra y única, no existiendo otra en España en mármol y con este refinamiento. Podemos sugerir que pertenece su erección a un ámbito jesuítico, que poseían los necesarios conocimientos matemáticos y astronómicos, tanto para su diseño teórico como para su realización que, aunque no siempre gozaron de la exclusividad de su saber, sí la tenían en aquellos momentos y circunstancias. Su fecha de elaboración, necesariamente, fue posterior al año 1664, en que fue consagrado obispo de Málaga, porque aparece esculpida la dignidad de su cargo episcopal (su escudo: el blasón dominico, dos torres y un león).

Su escudo aparece en la sillería, en el facistol, y en los púlpitos de la catedral, en los exteriores de las iglesias de Sto. Domingo de Benalmádena, Santiago Apóstol de Monda y S. Antonio de Frigiliana, y en los impresos *Exhortación pastoral...*, Málaga, 1668, *Constituciones de hazimiento de gracias...*, Málaga, 1679, *Compendiosa noticia...*, de Christoval Amate de la Borda, Málaga, 1675, *Tratado de la epidemia*, Diego Blanco Salgado, Málaga, 1679, *El Hércules ético, político...*, Francisco de Godoy, Sevilla, 1682, *Sagrado y divino reloj de sol*, de Fr Francisco de Guadix, Sevilla, 1687 y en el retrato de Fr. Alonso de Santo Tomás, por Ocaña, Málaga, 1682, en Biblioteca Nacional de Madrid.

Aunque no podamos confirmarlo, sí podemos aventurar que fue un regalo a Fray Alonso, de su hermano Juan José de Austria, que tenía capacidad para apreciar una obra como esta, y en donde puede verse esculpida la Cruz de San Juan en una de las caras del reloj o un regalo de agradecimiento de la Compañía a Fray Alonso de Santo Tomás por favorecerles en su *Catholica Querimonia*, en este caso, sería a partir de 1686, año en que fue publicada. El título de la obra *Sagrado y Divino Relox de Sol*, publicada en 1687, puede inducir a pensar el que, el reloj poliédrico, ya estuviese construido entonces.

Antecedentes históricos sobre Relojes de Sol.

En la *Biblia* se cuenta la historia del Rey Ezequías, que estando enfermo, Yahvé le concedió más años de vida, e hizo retroceder la sombra del reloj de sol de Ajaz diez grados. Hay un cuadro en la Biblioteca de El Escorial: *El Rey Ezequías contemplando el retroceso de la sombra de sol*, por Pellegrino de Pellegrini, llamado el Tebaldi, donde el pintor alude al relato bíblico, incluyendo un reloj de sol, (*Arquitectura y magia. Consideraciones sobre la idea de El Escorial*, René Taylor, Madrid, 1992, pág. 44).

Podemos leer en la *Biblia*:

“Y de que Yahvé cumplirá lo que ha dicho, se te dará por Yahvé esta señal. He aquí que voy a hacer que la sombra del sol retroceda las diez líneas que ha bajado en el reloj de Ajaz. Y retrocedió el sol por las diez líneas que había bajado” (Isaías 38, 7-8)

“Respondióle Isaías: He aquí la señal que dará Yahvé de que cumplirá la palabra que ha pronunciado: ¿Quieres que la sombra en ese reloj de sol solar se adelante

diez líneas o que retroceda otros tantos grados? A lo cual respondió Ezequías: Fácil es que la sombra se adelante diez líneas; no deseo yo que suceda esto sino que vuelva atrás diez grados. Entonces el profeta Isaías invocó a Yahvé, e hizo retroceder la sombra de línea en línea por los diez grados que había ya andado el reloj de Ajaz” (IV de los Reyes 10, 9-11).

“Porque Ezequías hizo el bien y se afirmó en los caminos de David, que le había recomendado Isaías, el profeta, grande y veraz en sus visiones. En sus días volvió atrás el sol y alargó la vida del Rey”. (Eclesiástico 48, 22-23)

Aún admitiendo que la sombra retrocediese, en que, para ello la tierra debería pararse y girar en sentido contrario un poco, volver a parar y volver a girar en el sentido correcto, el tiempo hubiera seguido avanzando de forma irreversible. **No se habría retrocedido en el tiempo.** Las posiciones relativas sol-tierra nos vale para establecer una cronología, un sistema de medida del tiempo, pero aunque sus efectos no fuesen observables, el tiempo seguiría existiendo y progresando. El problema es que todavía no sabemos lo que es el *tiempo*; como ya lo expresó San Agustín hace ya muchos siglos: **“¿Qué es el tiempo? Si no me preguntan lo que es, lo sé; si me preguntan lo que es, no lo sé”** (“*Quid est ergo tempus? Si nemo ex me quaerat, scio; si quaerenti explicare velim, nescio*”).



Fig. 17. El Rey Ezequías. Biblioteca de El Escorial

El romano Lucio Vitruvio (siglo I a. JC.) en su obra *Los diez Libros de Arquitectura*, en el noveno de ellos, cap. VIII, describe diferentes clases de relojes de sol. Se conservan más de doscientos relojes de sol, entre griegos y romanos, de poblaciones que estuvieron bajo la influencia de estas culturas (*Greek and Roman sundials*, Sharon L. Gibbs, New Haven-London, 1976), uno de ellos, finamente trabajado en mármol y bien conservado, se encontró en las ruinas de Baelo Claudia (Bolonía, Cádiz), actualmente depositado en el Museo Arqueológico de Madrid (*Reloj solar de Baelo*, José María Raya, Boletín del Museo Arqueológico Nacional, tomo II, 1, Madrid, 1984; *Los cuadrantes solares en la Arquitectura*, José María Raya, Sevilla, 1989, pp. 159 y ss). Los romanos dividían el arco diurno en 12 partes, contando desde el orto hasta el ocaso del sol. La hora sexta coincidía con el mediodía, de ahí el origen de la palabra *siesta*.



Fig. 18. Reloj de sol romano, procedente de Baelo Claudia, Bolonia (Cádiz). Museo Arqueológico, Madrid

También en Andalucía, los árabes dejaron varias muestras de restos de relojes de sol muy elaborados, por ejemplo, puede verse este encontrado en Medina Zahara que no sólo contaba las horas del día sino también, por la longitud de la sombra, determinaba la estación y además señalaba los momentos de los rezos, que los islamistas debían cumplir a lo largo del día. Los tratados de astronomía árabes, sirvieron para que el Rey de Castilla, Alfonso X el Sabio, pudiera escribir sus *Libros del Saber de Astronomía*, verdadero compendio del conocimiento astronómico de la época.



Fig. 19. Reloj de sol árabe, procedente de Medina Zahara. Museo Arqueológico, Córdoba

Tenemos conocimiento por Medina Conde de dos relojes de sol en la Catedral de Málaga en 1618 (*La catedral de Málaga*, C. Medina Conde, Introducción de Rosario Camacho Martínez, Málaga, 1984, pág. 128) y por Amate de la Borda antes de 1675, del arreglo de uno en la Cárcel Real, **“y asimismo aclarar el reloj de sol y Armas Reales que tenía en la coronación y más abajo las de la Ciudad, las cuales con el tiempo le servía de orla”** y la construcción de uno en la Puerta de la Espartería **“por ser el sitio tan asistido, se coronó con un reloj de sol muy ajustado a la medida de las horas”**. (*Compendiosa noticia de lo que ha obrado en esta ciudad de Málaga, Málaga 1675*, Christoval Amate de la Borda, Manuel Olmedo Checa, Málaga, 1988, pp. 52 y 84).

Clasificación de los relojes de sol contenidos en el de El Retiro

Una clasificación de estos relojes de sol puede establecerse, según la posición del plano que contiene las líneas horarias, en:

-Vertical: norte, sur, este, oeste y declinante (cuando no coincide con una de aquellas direcciones), Ecuatorial, Horizontal y Polar.

El mayor avance en la gnomónica, ciencia que estudia sobre los relojes de sol, fue cuando a la varilla (gnomon, estilo...), o a veces una arista, se le dio una inclinación por la que quedaba paralela al eje de la tierra. Si en un lugar de latitud Φ , deseamos realizar el colocar un reloj de sol vertical, orientado hacia el sur y siguiendo una exacta orientación Este-Oeste, el ángulo ortogonal entre el gnomon y el plano horario será igual a la colatitud, es decir, $90^\circ - \Phi$, y dado que la tierra hace un giro de 360° en 24 h, podemos decir que cada hora gira $15^\circ/h$ (la distancia del reloj de sol con respecto al eje de la tierra es despreciable frente a la distancia de la tierra con respecto al sol), conociendo este dato, el problema que resta es calcular las proyecciones de la sombra del gnomon en el plano que contiene las líneas horarias para cada giro horario (o para otra fracción de tiempo).

Para un lugar de latitud $[\Phi]$ la fórmula que relaciona, el ángulo de una línea horaria $[A]$ con respecto a la línea de las 12 h es:

Reloj de sol vertical no declinante, Norte o Sur:
 $\text{tg}A = \cos\Phi \text{ tg}H$ (para $H = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$)

Reloj de sol horizontal:

$$\operatorname{tg} A = \operatorname{sen} \Phi \operatorname{tg} H \quad (\text{para } H = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ)$$

En el reloj de sol horizontal, la inclinación de la varilla respecto al plano horario es igual al ángulo de la latitud.

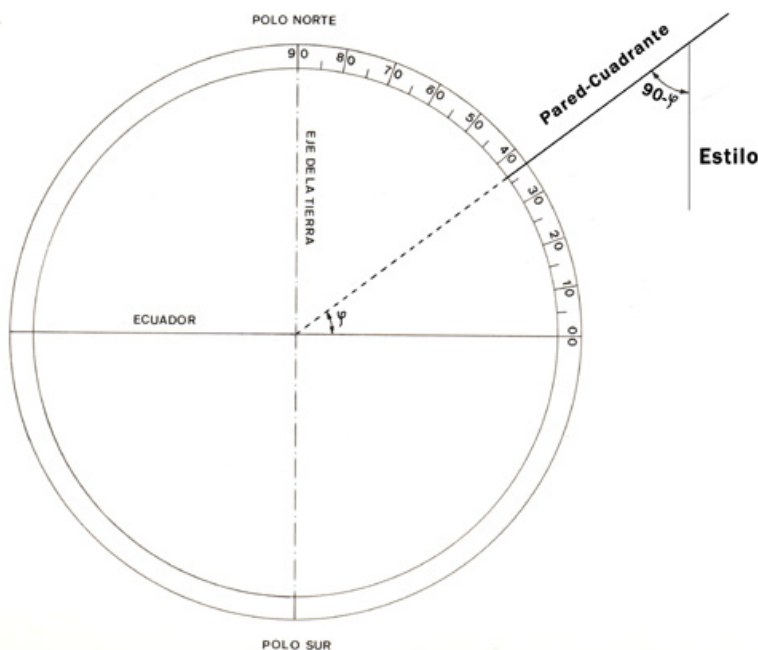


Fig. 20. Para una latitud Φ , en un reloj vertical, no declinante, el ángulo estilo-plano horario vale $90^\circ - \Phi$. En estas condiciones el estilo es paralelo al eje de la tierra.

Citas literarias sobre el reloj de sol de El Retiro.

Archivo Histórico Provincial de Málaga. Escribanía de Hermenegildo Ruiz, año 1722, legajo 2606, fol 427v:

“Reloxes de dicho. Una pieza de el dicho marmol de Genoba, compuesta de seis piezas que haze diferentes cuerpos y hechuras, que contiene en todos sus angulos, encomienda de Santo Domingo y unas armas, y ochenta y dos relojes con el sol, y lo aprecian en tres mil y trescientos reales de vellon.....3.300”

Christoval de Medina Conde, MSS 10451, Biblioteca Nacional, Madrid. *Antigüedades y Edificios suntuosos de la Ciudad, y Obispado de Málaga*, Málaga, 1672, pág. 22:

“... siendo muy notable un Relox de sol en piedra que apenas se pueden numerar todos los que contiene...”

Francisco Pérez Bayer, *Diario del viage de Andalucía y Portugal en 1782*, Biblioteca Nacional, Madrid,

Fue en otro tiempo este Retiro casa de recreacion del Señor Don Alfonso de Santo Thomas y en una de las fuentes en que hay una gran garatusa de relojes de sol, se ven sus Armas que son dos castillos y un Leon y sobre el Escudo hay una Corona y sobre la corona el Sombrero Episcopal con las borlas, o cordones, savida es la historia de este señor Obispo que fue de Malaga y antes creo que de Plasencia, Religioso de Santo Domingo, escritor de el Librito intitulado Querimonia Catolica de que tengo dos impresiones. Hago memoria de haberla leído a la larga en

Vicencio Placio en su obra de Plagiattis otras tales armas de este Señor Obispo están en Antequera en el arco toral de la Iglesia Mayor baja, iluminadas.

[Según me comenta Rosario Camacho Martínez, esta Iglesia de Antequera, tiene que ser la de San Sebastián]

Antonio Ponz, *Viage de España*, tomo XVIII, Madrid, 1794, pág. 237:

“En un mármol del jardín hay hechos trescientos quadrantes, o relojes de sol, que, segun los diferentes cortes de la piedra, presentan diversa cara a este planeta en toda su carrera desde que nace hasta que se pone”

A.M.S. *Descripción de la Casa de Campo del Retiro del conde de Villalcazar*, Málaga, 1814, pág. 21-22 (edición de Rosario Camacho Martínez, Málaga, 1996):

“22. Esta desemboca en un canal, y a uno de sus extremos hay un mármol con trescientos cuadrantes, según los diferentes cortes de la piedra...”

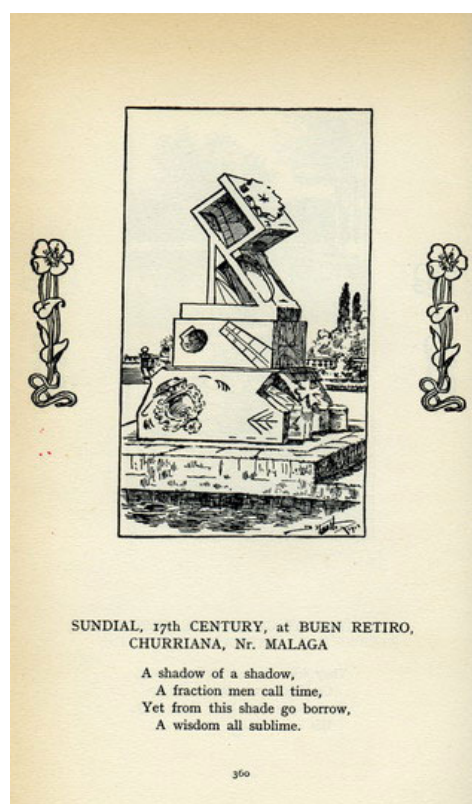
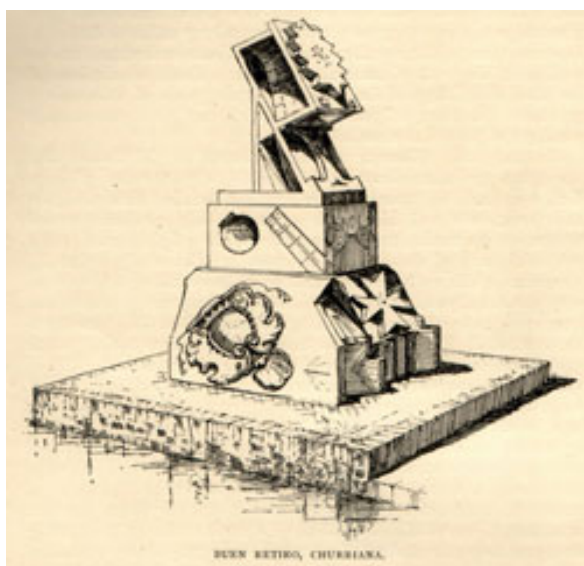


Fig. 21. The book of sun-dials. Ms of Alfred Gatty, London, 1900

Fig. 22. Ye Sundial Booke, T.G.W. Henslow, London, 1935

Muchos escritores-viajeros se hicieron eco de El Retiro, como: Büsching (1767), Bowles (1775), Carter (1777), Dillon (1781), Volkmann (1785), García de la Leña (1789-93), Townsend (1791), Conca (1795), Mendoza (1808) y Carr (1811), así como muchísimos otros en la centuria del XIX.

Por otra parte, sabemos que este reloj múltiple está formado por seis piezas, lo cual coincide con lo expresado en documento del año 1722, conservado en el Archivo Histórico Provincial de Málaga.

Podemos intentar contar el número de relojes de sol contenidos en este conjunto, que en ciertas obras llegan a dar la cantidad de 300:

Pieza superior, comenzando desde el sur
1 horizontal
1 vertical sur

- 2 verticales (medios) sur
- 1 ecuatorial sur (sólo alumbrado en otoño-invierno)
- 1 polar (cóncavo) y 2 (de ¼ de cilindro, convexos)
- 1 ecuatorial [centro cruz dominica], y 12 (tantos como puntas de estrella, sólo alumbrados en primavera-verano)
- 2 polares (sólo alumbrados en primavera-verano)
- 2 ecuatoriales (sólo alumbrados en primavera-verano)
- 1 excavado superior y 3 excavados inferior, cara este
- 1 excavado superior y 3 excavados inferior, cara oeste

Pieza intermedia

- 1 vertical cara sur
- 1 vertical cara norte (sólo primavera-verano)
- 2 vertical cara este
- 2 vertical cara oeste

Pieza inferior cara sur

- 1 cóncavo
- 1 ecuatorial convexo y 2 ecuatorial planos
- 1 polar
- 2 verticales declinantes
- 2 declinantes y abatidos

Pieza inferior cara norte (sólo primavera-verano)

- 1 cóncavo
- 2 Cruz de Malta (puntas superiores) y 2 abatidos
- 2 verticales declinantes
- 2 declinantes y abatidos

Pieza inferior cara este

- 4 verticales en las conchas
- 1 vertical bajo el sombrero

Pieza inferior cara oeste

- 4 verticales en las conchas
- 1 vertical bajo el sombrero

Total pieza superior: 33

Total pieza intermedia: 6

Total piezas inferiores: 9+7+5+5=26

Total: 65 relojes

Y todos ellos marcando la misma hora solar, la de la latitud del lugar, es decir la de El Retiro.

Las fotografías que aparecen en este artículo están tomadas en distintas fechas, lo cual explica su diferente aspecto de fondo. En las fotografías 1 y 2, la pieza superior no aparece bien montada con respecto a la intermedia (la cara sur está montada sobre la cara norte). Las cuatro piezas inferiores son verticales y no horizontales como aparecen en las imágenes tumbadas en tierra (alguien las puso en esta forma para que no se cayesen y así han permanecido a lo largo del tiempo, borrándose la memoria de su recto emplazamiento).

En la figura 23 del artículo, *José Martín de Aldehuela y sus obras en Málaga*, Arte Español, XVII, 1947, Juan Temboury y Fernando Chueca, aparecen las cuatro piezas inferiores bien colocadas verticalmente, pero faltando la pieza a la que hemos denominado: la intermedia. Pero, aparecen bien colocadas entre sí, la cara del escudo de Fr. Alonso de Sto. Tomás (cruz dominica, dos torres y un león) y la cruz de San Juan.

Al acabar este artículo deseo expresar el vehemente deseo de que se emplacen correctamente y se coloquen los estilos correspondientes, lo cual es bastante sencillo. Podrá verse que, una vez colocados, todos los estilos estarán en paralelo. Es una obra maestra, por ellos los poderes públicos andaluces y de la ciudad de Málaga debieran estar muy interesados en su adecuada restauración y exacto posicionamiento. Sólo el reloj de sol de los Jardines del Quirinal, de principios del siglo XVII, de entre todos los existentes, puede hacerle algo de sombra.



Fig. 23. Pieza superior, orientación Sur



Fig. 24. Pieza superior, orientación Norte



Fig. 25. Jardines de Sanssouci, Potsdam, 1740 (sigue el diseño de Kircher)



Fig. 26. Jardines de Apelern, Baja Sajonia, 1779 (sigue el diseño de Kircher)



Fig. 27 Detalle cara Norte



Fig. 27 bis. Tratado de la Epidemia. Diego Blanco Salgado. Málaga, 1679



Fig. 28. Pieza superior, orientación Este



Fig. 29. Pieza superior, orientación Oeste

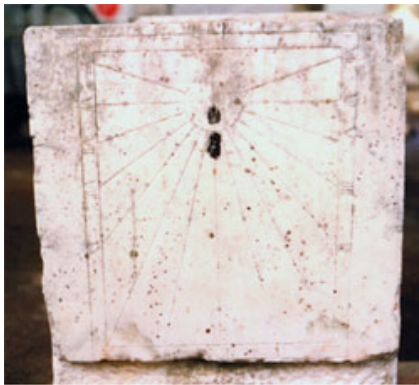


Fig. 30. Pieza intermedia, orientación Sur



Fig. 31. Pieza intermedia, orientación Norte



Fig. 32. Pieza intermedia, orientación Este



Fig. 33. Pieza intermedia, orientación Oeste



Fig. 34. Pieza inferior, orientación Sur



Fig. 35. Pieza inferior, orientación Norte



Fig. 36. Encomienda de la orden de San Juan de Malta



Fig. 37. Pieza inferior, orientación Este



Fig. 38. Pieza inferior, orientación Oeste

No faltan en la poesía, excelentes representantes de ella, que recuerden el reloj y sus jardines:

RETIRO DE FRAY ALONSO

¿Quién dijo al reloj de piedra su ocupación horaria,
frescor a la espesura, a nosotros el peso
de soledad o vacío? La magnolia proclama
su majestad floral. Juegan faunos y ninfas
por entre las glorietas. En un ánfora rota
de terracota crecen los junquillos de marzo.
Sobre el boj los jilgueros dulcemente se encelan
y los patos ejercen su derecho al estanque.
Démosle media vuelta a la llave olvidada
que colma las albercas y hace saltar las fuentes:
dejemos que las aguas se atropellen y corran;
que arrastren hojas, sombras, palabras y recuerdos.
María Victoria Atencia (Málaga, 1931)

CHURRIANA NO EN SUEÑOS

El árbol de Judea me corona
y las escalinatas se abren a mi paso
con sus pasos de niña.
Las flores que él me ofrece
con su carga de amor
como vilano al viento mi fragilidad quiebran.
Y sus voces son lluvia en mi estiaje.
Romper quisiera el trecho
que de ellos me separa,
expresar el dolor que su presencia alivia,
la muerte de la cual me despojan.
Mas me fijo en un trozo de altar
que en banco se transmuta,
en las conchas que el camino bordean,
en el reloj de mármol que tantas horas marca,
y dejo que me embriague
el aroma de azahar.
Clara Janés (Barcelona, 1940)
en Vivir, Madrid, 2006

CINCO VETERANOS MINEROS DEL BIERZO (LEÓN)

Por Josep M^a Val soriano

Quiero dar a conocer un equipo formado por cinco hombres provenientes de la oscuridad de la mina y que hoy tienen su mente y su cuerpo entregado a calcular, diseñar y construir relojes de sol. El 12 de agosto de 2010 tuve el privilegio de reunirme con ellos y disfrutar de este día recorriendo la zona Berciana con gran presencia de relojes de sol realizados por este gran equipo humano.

En el año 2004 tuve la oportunidad de conocer a Luciano Llaneza, asturiano, persona inquieta, abierta, emprendedora, tenaz y activa en cuerpo y mente.

Nos conocimos el 27 de abril de 2004 por trabajo, calculando caudales en el río Selmo en el Bierzo. Casualmente yo llevaba en el coche unas fotografías y unos documentos de relojes de sol, a los cuales el amigo Chano (Luciano) les echó un vistazo y enseguida se interesó por ellos. A partir de ese momento le entró una gran afición e ilusión por el tema y, desde entonces, no hemos dejado de mantener largas conversaciones sobre los relojes de sol, siempre que nos encontramos.

Entiendo que esta ilusión la transmitió a unos amigos a los cuales quiero presentar.

Este grupo de amigos, que hacen relojes de sol, está formado por cinco grandes hombres, unidos a través de Luciano Llaneza.

Este último es el diseñador de la mayoría de los relojes, así como de las frases o sentencias que en ellos se pueden leer. Un día me comentó que los relojes de sol son como el arroz, “lo admiten todo”.

A Rogelio Menéndez Tercero, de Villablino de Laciana, geólogo de minas, lo conocemos por ser colaborador de esta revista y participe en el foro de yahoo “miembros de Carpe Diem”. También es autor (a título individual) de varios relojes de sol (alguno de ellos monumental) y es quien calcula el motor de los relojes realizados por los antiguos mineros Bercianos.

Y también tenemos a tres grandes personas Leoneses Bercianos, Julián Mínguez Gutiérrez, Mateo Escudero González y Delfín García García, que son los artistas que materializan los relojes, trabajando y modelando la piedra y el hierro de que están formados la mayoría de los relojes de sol.

Este grupo de amigos, entre proyectos que están realizando y relojes de sol ejecutados e instalados en distintas partes del territorio, tienen catalogados del orden de 50 relojes. Todos ellos están realizados con gran cariño y dedicación y cada uno de ellos tienen su historia documentada. En la mayoría se encuentra un número que indica el orden en que se ha construido y el año de construcción. También hay, en alguno de ellos, las iniciales como tres “LLL” superpuestas que representan las iniciales de Luciano Llaneza, R.M.R. que son las de Rogelio Menéndez y LVM del empresario minero Vilorio que es colaborador económico en estos relojes. También tienen identificada su latitud y longitud, así como en la mayoría de ellos tienen la ecuación del tiempo y originales y bonitas leyendas.

No tengo palabras para expresar lo bien que me lo hicieron pasar este quinteto el día 14 de agosto de este año (2010). De este día me queda un extraordinario recuerdo y un sinfín de fotografías de las cuales quiero mostrar un pequeño resumen.

Si alguien se acerca por la zona del Bierzo, ya sea solo o en grupo, pienso que sería muy interesante ponerse en contacto con este equipo de mineros Bercianos. Estoy convencido que ellos os harían con agrado de anfitriones para haceros una pequeña degustación por la zona de este gran número de relojes de sol que han realizado.

Por último, adjunto un enlace, que muchos de vosotros ya debéis conocer, donde se ve un resumen de su trabajo. www.bierzsol.com

Actos Solemnes
Sala de Juntas de la Real
Hermandad del Santo Sepulcro

ILMO. SR. D. FRANCISCO JAVIER ALBERTOS CARRASCO
Correspondiente en Barcelona



DISCURSO DE INGRESO
*UNOS EJEMPLOS DEL RELOJ DE SOL
Y EL ASTROLABIO EN EL ARTE*

25 de noviembre de 2010

Ilmo. Sr. D. Francisco Javier Albertos Carrasco
Ilmo. Sr. D. Francisco Cabrera Pablos
Excmo. Sr. D. Manuel del Campo y del Campo
Ilma. Sra. Dña. Rosario Camacho Martínez

LAUDATIO

Rosario Camacho Martínez



ARA mí es una satisfacción presentar en nuestra Real Academia de San Telmo, a D. Francisco Javier Albertos Carrasco, que se recibe hoy como Académico Correspondiente en Barcelona.

A través de compañeros de la Universidad llegué al conocimiento del *curriculum* de Albertos y rápidamente pensé que era una “adquisición” para nuestra Academia. Francisco Javier Albertos une a su formación técnica una profunda curiosidad y un marcado interés por la investigación histórica que le ha permitido un importante bagaje de publicaciones, por lo que se puede considerar un humanista, como aquellos hombres del Renacimiento cuyo interés y formación les permitió acceder a las más altas cotas del saber.

Pero todo no se puede abarcar y, con gran sabiduría, ha centrado su investigación en diversos temas. Siempre Málaga, o su patria chica, Estepona, y todo lo que ha podido encontrar relacionado con ambas. Asimismo indaga en otra línea de investigación sobre los relojes de sol, astrolabios, cuadrantes y otros instrumentos de navegación que reconocemos en numerosas publicaciones, y sobre ellos ha fundamentado su discurso de ingreso en la Academia. Pero no sólo es un investigador de archivo, él se ha dejado captar por la naturaleza y ha publicado trabajos sobre el pinsapo, de los cuales cuenta Estepona con un espléndido enclave, sobre la obra de Boissier o la de Pérez Bayer. También le han interesado los temas de género y ha publicado una biografía de María Espinosa, emprendedora mujer nacida en Estepona, en el último cuarto del siglo XIX, que fundó la “Asociación Nacional de mujeres empresarias”, y en la temprana fecha de 1920 dictaba conferencias sobre la emancipación de la mujer y la influencia del feminismo en la legislación contemporánea, en las más sólidas Academias de Jurisprudencia de España.

Yo quisiera destacar también una dedicación que nos habla de su generosidad al estar realizando una labor recopilatoria, durante años, que le ha permitido reunir 74 volúmenes de trabajo mecanografiado que, desinteresadamente, brinda a los investigadores al haber depositado una copia de los mismos en el Archivo Díaz de Escovar de Málaga y otra en el Archivo Municipal de Estepona. La mayoría de los temas están centrados en Málaga, y de ellos no me resisto a citar dos: Una pieza para piano de Paul Bowles *Carretera de Estepona*. Llevamos dos años viviendo intensamente a los Bowles, primero en Málaga y ahora en Tánger y Tetuán; sería bonito que sonara esa melodía en algunos de los actos celebrados en su honor. En el otro asoma de nuevo el interés de Francisco Javier Albertos por los temas de género ya que en uno de esos volúmenes titulado *Las malagueñas. Obra maestra del Creador*, recopila textos, comentarios, tradiciones sobre la mujer malagueña, sobre la

cual no podemos decir que se haya escrito poco, y que ha dado lugar a un volumen de letra apretada de 250 páginas, un magnífico libro de consulta que, cómodamente, se nos presenta para realizar una investigación.

Pero tengo que presentarles a Francisco Javier Albertos, no sólo a su obra.

Nacido en Málaga en 1947, pasó su infancia en Estepona, donde la enseñanza primaria le dejó muy marcado a través de unos extraordinarios maestros a los cuales siempre recuerda con gratitud. El bachillerato ya lo cursó en Barcelona, por traslado de la familia que allí se afincó, así como la carrera de Ingeniería Técnica. Y fue en los años de su adolescencia donde se le empezó a despertar ese gusanillo de la investigación, a través de la biblioteca y grandes conversaciones con su tío Antonio Carrasco.

Su labor profesional la desarrolló en la empresa SEAT, llegando a ser el responsable del Control de la Garantía del Mercado Internacional, que no es baladí citarlo aquí, porque este trabajo se realizaba en contacto con personas de diferentes países, lo que le facilitó la localización de librerías anticuarias, de libros raros y documentos relacionados con la historia de Málaga, en general, y de Estepona en especial. Así, paralelamente a su trabajo en la empresa, alimentaba sus ansias de investigación porque el fruto que surgió no es el resultado de los años de su jubilación, sino de toda una vida marcada por el afán de conocimiento. Además de aquellas pesquisas bibliográficas, hay que recordar sus visitas a la Biblioteca Nacional y a los más importantes archivos y cartotecas del país. Y ¿cómo no? a diversas fuentes de Astronomía, su otra gran pasión.

Esa pasión es lo que le ha llevado a elegir como tema de su discurso *El reloj de sol y el astrolabio en el arte*, un tema que a mí me ha seducido, no sólo por las claras explicaciones técnicas sino porque lo relaciona con el mundo de las imágenes indagando en el pensamiento y los avances técnicos de determinados periodos de la historia y de la historia del arte que se ven reflejados a través de ellas.

Para mí ha sido un honor destacar aquí la labor investigadora de D. Francisco Javier Albertos.

Y ahora, en nombre de la Real Academia de Bellas Artes de San Telmo, me cabe también el honor de darle la bienvenida.

UNOS EJEMPLOS DEL RELOJ DE SOL Y EL ASTROLABIO EN EL ARTE

Francisco Javier Albertos Carrasco



UEVEDO, en su célebre soneto *A una nariz*, desplegaba su exageración diciendo:

RELOJ DE SOL

*Erase un hombre a una nariz pegado
érase una nariz superlativa
érase una nariz sayón y escriba,
érase un peje espada muy barbado;

érase un reloj de sol mal encarado,*

Y en este su quinto verso expresaba que algo la estaba afeando al compararla con un *reloj de sol mal encarado*. Veamos porqué. Cuando un reloj de sol está mal diseñado, mal colocado, o su varilla mal orientada, puede decirse que está mal encarado y, por tanto, no puede funcionar correctamente.

En general, la mayor o menor longitud de la varilla, o gnomon, no tiene mucha importancia salvo que, a su vez queramos que nos señale en que fechas se encuentra. Como sabemos el sol está más alto en verano y más bajo en invierno, por tanto la longitud de su sombra será mayor/menor, al recogerla en la vertical de la pared. Conocidas estas variaciones de altura pueden dibujarse unas curvas zodiacales en el plano del reloj de sol que acote su altura, el diseño de estas curvas estarán en función de la hora solar, latitud y fecha (en que se conocerá el valor angular de subida/bajada del sol).

Naturalmente el reloj de sol debe estar libre de sombras parásitas que le priven de su funcionamiento, al no poder distinguirse la propia sombra del gnomon, como avisa el poeta Juan Eugenio Hartzenbusch (Madrid, 1806-1880):

*El reloj de sol
Un reloj de sol hicieron
los indios allá de Quito:
parecióles tan bonito,
que un tejado le pusieron.
de lluvia lo guarecieron;*



Dionisio el Aeropagita. Pellegrino Pellegrini "El Tebaldi". Biblioteca de El Escorial (Madrid).

pero el sol ya no le dió:
sin él de nada sirvió.
No sirve una ley madura
por alguna añadidura
que un celo tonto inspiró.

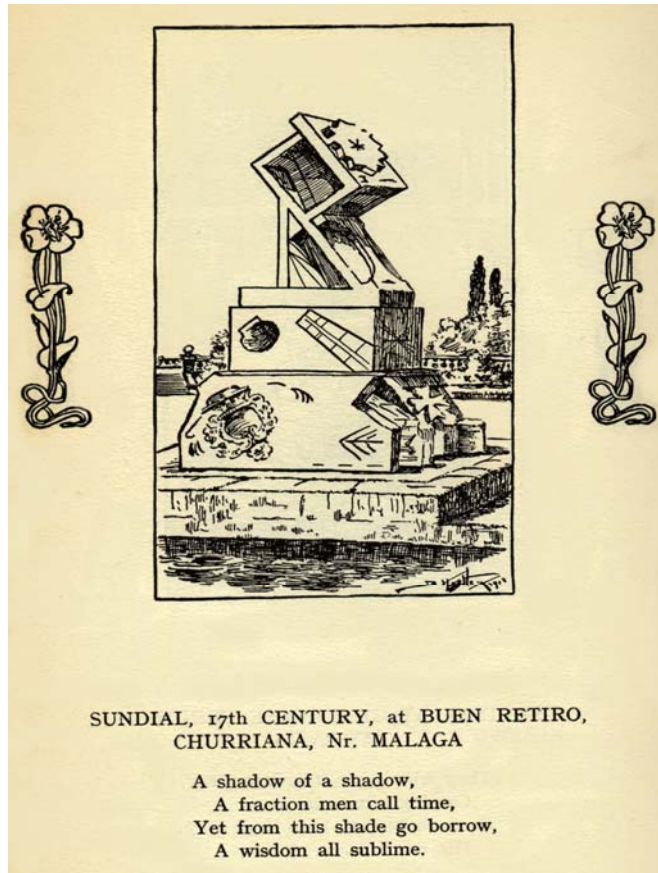
En realidad un reloj de sol, con sus líneas horarias y otras, en realidad, es el sol geometrizado porque la medida del tiempo que nos señala está en función del curso del sol, tal como señala la poesía también de Quevedo:

Ves, Floro, que prestando la aritmética
Números a la docta geometría,
¿Los pasos de la luz le cuenta al día?
¿Ves por aquella línea bien fijada
A su meridiano, y a su altura,
Del sol la velocísima hermosura
Con certeza espiada?



Los Embajadores (The Ambassadors), 1533; Hans Holbein “El Joven” (Augsburgo, 1497, Londres, 1543); *The National Gallery*, de Londres.

Es decir que el reloj de sol cuenta la luz del día. Pero el tiempo existe aunque esté el sol esté tapado o su curso se haga irregular. En realidad, aceptando que lo relatado en la Biblia sea literal, sobre lo rogado por el profeta Isaías, acerca de conceder más días al enfermo Rey Ezequías, para que el sol retrocediese, si este se comportase así el tiempo no retrocedería (libro 4.º de los Reyes, 20). Poco sabemos de la naturaleza del tiempo, pero una cosa sí sabemos, que es unidireccional. Bien conocida es la respuesta de San Agustín sobre esto:



¿Qué es el tiempo? Si no me preguntan lo que es, lo sé;
si me preguntan lo que es, no lo sé. (*Quid est ergo tempus? Si
nemo ex me quaerat, scio; si quaerenti explicare velim, nescio*)

EL RELOJ POLIÉDRICO DE SOL DE EL RETIRO DE CHURRIANA

Fray Alonso de Sto. Tomás (Vélez-Málaga, 1631-Málaga, 1692) fue hijo natural del rey Felipe IV y de la marquesa de Quintana. Publicó el libro *Catholica Querimonia* (Queja Católica) en defensa de los jesuitas. Adquirió una hacienda a la que, con el tiempo, se llamó El Retiro, enclavada en Churriana.

Se conserva un excelente reloj de sol poliédrico, de mármol de Génova. Diversos autores señalan que este tiene hasta 300 cuadrantes solares, pero en mis cuentas he considerado sólo hasta 65 relojes. Todos ellos están diseñados para la latitud de Churriana ya que estos relojes diversos están contruidos de forma particular, no universal. No indican, por tanto, la hora solar de otras ciudades como



La vista y el olfato, 1618, Jan Brueghel, Gerard Seghers, Frans Francken El Joven y otros colaboradores
(*Los cinco sentidos y el Arte*, El Prado, 1997), Museo del Prado, Madrid.

algunos escritores señalan. Es probable que fuese realizado por alguna mano dirigida por jesuitas. El escudo de Fray Alonso y la cruz de Malta de su hermano, también natural, Juan José de Austria, aparecen grabados en este reloj de sol.

EL ASTROLABIO

Este instrumento astronómico es el más caracterizado de todos ellos, en muchas centurias. Los árabes generaron una gran producción de ellos y una gran aportación teórica para su realización. Le siguió en ello la cultura occidental, conservándose muchos ejemplares de ellos, contruidos hasta el siglo XVII.

Se le ha definido como un computador ya que es capaz de reproducir el estado del cielo para una fecha y hora determinada de forma reversible. Puede indicar la hora de día o de noche, puede determinar la amplitud del arco solar o de una estrella según fecha, señalar las coordenadas de las estrellas y el paso por el meridiano, etc.

En España se dispone de interesante colección en el Museo Naval y el Museo Arqueológico de Madrid.

CONTEMPLANDO UN CUADRANTE BIFILAR

No quisiera embromar a los novatos
contando cómo es ese cuadrante
de incongruente estilo en su diseño,
y lo voy a decir en un instante:

Se aprecian en las líneas dos trazados;
uno es el vertical en su constante
parecido a la útil meridiana;
otro horizontal, muy aberrante,
que intersecta y discute a la primera
su importancia y valor, a su manera.

Y no sé qué pensar, la hora cierta
se queda colocada en ese punto
de intersección que vemos en la imagen,
mostrando las dos líneas que se cruzan
puestas en dos alturas bien distantes.

La moraleja surge si pensamos
que todo puede verse inexplicable
cuando a pensar, tal vez no nos paramos
a juzgar por derecho un poco antes.

Antonio Barceló