

"El mejor profeta del futuro es el pasado"

Lord Byron

Solsticio de Invierno

Día 22 de Diciembre a las 06:08

El sol entra en Capricornio

07-02-08 Eclipse Anular de sol visible desde el SE de Australia.

21-02-08 Eclipse total de luna visible desde Europa y toda América excepto Alaska.

SUMARIO DE LA EDICIÓN DE DICIEMBRE 2007



Cuadrantes horizontales de refracción de horas Babilónicas o Itálicas inversas. De Rafael Soler Gayà

Prácticos relojes de refracción en los que se lee directamente las horas transcurridas desde el Orto y las que faltan para el Ocaso.

Taller de bricolaje: construcción de un reloj vertical con veleta. De Francesc Clarà. Una maqueta de un reloj vertical con veleta funcional es lo que nos propone en esta ocasión el autor.

Reloj de pastor para la zona tropical y latitudes cercanas. De Joan Serra. Descripción de un reloj de pastor que señala las horas aún cuando el sol esté en el Cenit.

La creu de s'ullastre. De Joan Serra
Descubrimiento gnomónico en una cruz de término o humilladero.

Inventario de los relojes de sol en la diócesis de Vitoria (V). De Antonio Cañones
Pedro Novella Y M^a Josefa Urteaga son los autores de este excepcional documento que describe con todo lujo de detalles los relojes de sol de Vitoria. Quinta entrega.

Relojes solares en la revista La Nature. Traducido por Carlos M^a Sánchez
Dos originales cuadrantes solares publicados en la prestigiosa revista en los años 1881 y 1886.

Efectos de la refracción atmosférica en la lectura de los relojes de sol. De Enrique Casado.
Demostración de la influencia real de la refracción atmosférica sobre la lectura en un reloj de sol.

Métodos andalusíes no solares de medición horaria. De Esteban Martínez.
Otros métodos antiguos utilizados en Andalucía para medir el tiempo.

La casa de la panadería. De Francisco J. Albertos
Comentario sobre *La casa de la panadería* en la Plaza Mayor de Madrid.

Las horas contadas. De Antonio Cañones
Breve comentario sobre el libro con este título de la autora Carmen de Icaza publicado en 1953.

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



CUADRANTES HORIZONTALES DE REFRACCIÓN DE HORAS BABILÓNICAS O ITÁLICAS INVERSAS

Por Rafael Soler Gayà

Los cuadrantes horizontales de refracción portátiles, en vidrio o metacrilato, pueden constituir excelentes objetos para obsequio de empresas o entidades al presentar una forma compacta (el gnomon se reduce a un punto negro sobre la pieza) fácilmente embuchable en una caja. Se expondrá seguidamente el sencillo cálculo general de dos de ellos con sendas aplicaciones a horas “babilónicas” e “itálicas inversas”, que así llama el autor por ser iguales a las “itálicas” ordinarias pero con la numeración invertida: las 24 h son las 0 h, las 23 h son la 1 h, las 22 h son las 2 h, etc.

Este tipo de horas, hoy infrecuente en los modernos cuadrantes solares, puede resultar de interés para excursionistas, cazadores o pescadores a los que convenga, en un momento dado, conocer las horas transcurridas desde la salida del sol, o, aún con mayor interés, que tiempo les queda para la llegada de la noche. También sirve de brújula.

Cálculo general.-

En los cálculos que se exponen se seguirán la notación, las fórmulas y la terminología del libro del autor *Diseño y Construcción de Relojes de Sol y de Luna* (*) sin perjuicio de reseñar en el momento de aparecer el significado de cada símbolo y la página del libro donde se deduce la fórmula correspondiente.

Sea (ver figura 1) **O** el punto negro sobre la superficie superior de la pieza que materializa el extremo de un virtual gnomon recto vertical; **O'** su proyección sobre la cara inferior de la pieza que contiene el cuadrante adoptando como unidad de longitudes la distancia **OO'** igual al espesor de la pieza; **OI** el rayo incidente con altura solar α , de ángulo complementario al de incidencia; **OR** el rayo refractado con ángulo de refracción ρ ; **P** el punto donde incide el rayo refractado de proyección **O'P** con azimut β ; **O'N** la meridiana y **WE** la línea de Oeste – Este.

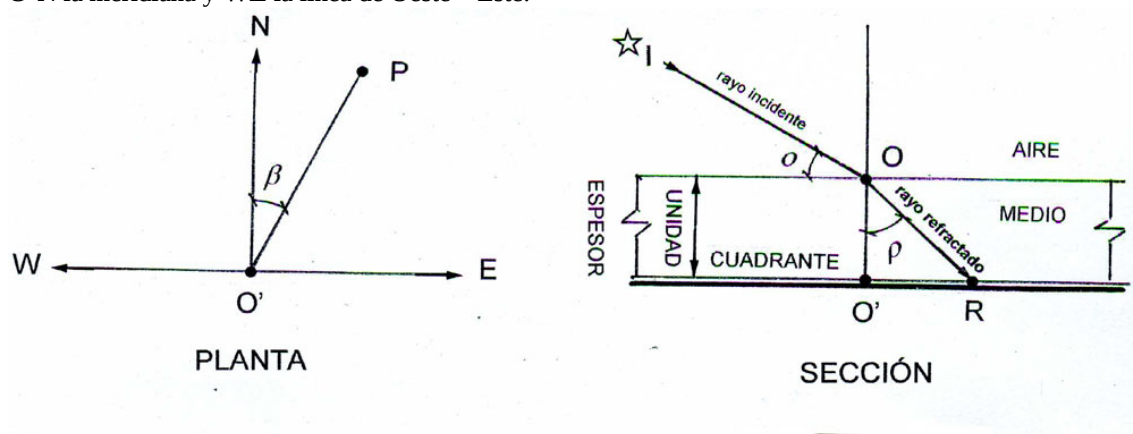


Figura 1
Auxiliar para la explicación del cálculo.

Si se adoptan coordenadas polares con la línea meridiana **O'N** como origen de los argumentos, iguales al azimut β , y radio polar **O'P**, las coordenadas del punto **P** serán:

$$\operatorname{tg} \beta = (\operatorname{sen} \varepsilon) / (\operatorname{sen} \varphi \cos \varepsilon - \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha) \quad (\text{pág 273}) \quad y$$

$$\begin{aligned} O'P &= \operatorname{tg} \rho & \text{siendo, como es sabido:} & \cos \alpha = n \operatorname{sen} \rho \\ \text{con} \quad \operatorname{sen} \alpha &= \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha + \cos \varphi \cos \alpha \cos \varepsilon & (\text{pág 351}) \end{aligned}$$

donde n es el índice de refracción del material de que está construida la pieza que vale 1,49 para el metacrilato y 1,53 para el vidrio.

La concatenación de estas expresiones permite hallar las coordenadas de P para diversos valores de α , por ejemplo los de cambio de mes zodiacal, en lugares de latitud igual a φ y horas, o fracción, correspondientes a cada ángulo horario ε . Los valores iniciales de ε variarán según el tipo de hora al corresponder el inicio de esta, según el caso, al orto (horas babilónicas) o al ocaso (horas itálicas); este ángulo horario $\mu - 180^\circ$ para el orto, contado desde el mediodía (valor negativo), viene dado por la expresión:

$$\cos \mu = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{pág 283})$$

y, para el ocaso, también desde el mediodía (valor positivo), por $180^\circ - \mu$.

Por ello los valores de ε a adoptar para las horas babilónicas, supuestas de hora en hora, serán:

hora 0: $\mu - 180^\circ$; **hora 1:** $\mu - 165^\circ$; **hora 2:** $\mu - 150^\circ$ **última:** la anterior a $180^\circ - \mu$.

y para las itálicas inversas:

hora 0: $180^\circ - \mu$; **hora 1:** $165^\circ - \mu$; **hora 2:** $150^\circ - \mu$; **última:** la anterior a $\mu - 180^\circ$.

por más que, si se quieren disponer los dos tipos de horas, es suficiente calcular tan solo el haz de una de ellas por cuanto los respectivos haces de líneas horarias son simétricos en relación con la línea meridiana.

Un segundo procedimiento de posible utilización si ya se dispone calculado un cuadrante del mismo tipo de horas de tiempo verdadero con líneas de declinación consiste en señalar sobre cada línea el punto que corresponda a restar una hora, o dos horas, o tres horas, a partir de la hora del ocaso, si se trata de itálicas inversas; o bien el punto que corresponda a sumar una hora, o dos horas, o tres horas, a partir del orto si se trata de horas babilónicas.

Aplicación al caso de Mallorca.-

Ha sido aplicado a un cuadrante en metacrilato dedicado a obsequio de la Demarcación de Baleares del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Adoptando una latitud media de $\varphi = 39,5^\circ$ (realmente, dado el tamaño del cuadrante, y la exactitud práctica que puede pretenderse con su manejo, el cuadrante es válido para todo el archipiélago balear con un error teórico inferior a los dos minutos) y líneas horarias cada hora, con $\Delta \varepsilon = 15^\circ$, los valores a considerar, para el cálculo de las horas itálicas inversas, serán:

$$\cos \mu = \operatorname{tg} 39,5^\circ \operatorname{tg} \alpha = 0,826 \operatorname{tg} \alpha$$

$\alpha = 23,45^\circ$	$\mu = 69,05^\circ$ orto: 4,603 h	$\varepsilon = 110,95^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 19,397 h
$\alpha = 20,17^\circ$	$\mu = 72,37^\circ$ orto: 4,825 h	$\varepsilon = 107,63^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 19,175 h
$\alpha = 11,33^\circ$	$\mu = 80,49^\circ$ orto: 5,366 h	$\varepsilon = 99,51^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 18,634 h
$\alpha = 0,00^\circ$	$\mu = 90,00^\circ$ orto: 6,000 h	$\varepsilon = 90,00^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 18,000 h
$\alpha = -11,33^\circ$	$\mu = 99,51^\circ$ orto: 6,634 h	$\varepsilon = 80,49^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 17,366 h
$\alpha = -20,17^\circ$	$\mu = 107,63^\circ$ orto: 7,175 h	$\varepsilon = 72,37^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 16,825 h
$\alpha = -23,45^\circ$	$\mu = 120,52^\circ$ orto: 7,397 h	$\varepsilon = 59,48^\circ - (0^\circ, 15^\circ, \dots, 240^\circ)$ ocaso: 16,603 h

e introduciendo estos valores de ε en el ordenador, o herramienta de cálculo, tanto para la serie de valores α (líneas de declinación de los días de cambio de mes zodiacal), como para la serie de valores ε (líneas horarias) se tiene un haz que, adicionando su simétrico en relación con el eje de ordenadas (meridiana), permite obtener la malla completa con los dos tipos de horas. En el presente caso, sin embargo, al disponer de un cuadrante de horas de tiempo verdadero para la misma latitud de $39,50^\circ$ N (ver figura 2) ha sido aplicado el segundo método con el resultado final que puede observarse en la figura 3. Se adjunta también una fotografía comentada del cuadrante.

Instrucciones de manejo.-

1.- Colocar la base sobre una superficie horizontal con la cara del cuadrante hacia arriba; 2.- Estimar, por la fecha de lectura, la línea virtual que cabe considerar entre las contenidas en el cuadrante para el cambio de cada mes zodiacal, cuyas fechas aparecen junto a los lados; 3.- Girando la pieza, situar el punto negro refractado sobre dicha línea virtual; 4.- Así el eje apunta al Norte y un haz de líneas horarias en línea llena da las horas de tiempo que quedan hasta la puesta y otro en línea de trazos las que han pasado desde la salida.



Figura 2

Cuadrante de horas verdaderas de la misma latitud tomado como base para el cálculo gráfico de los dos haces de líneas horarias babilónicas e itálicas inversas.

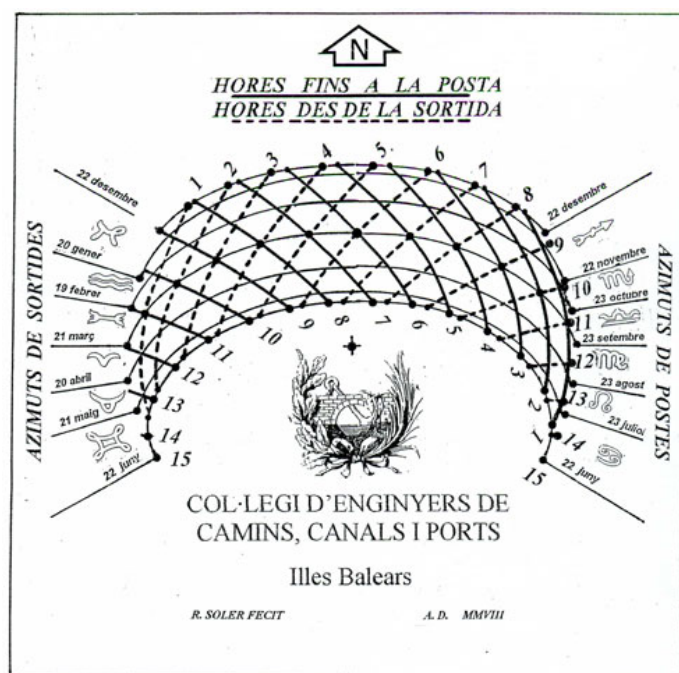
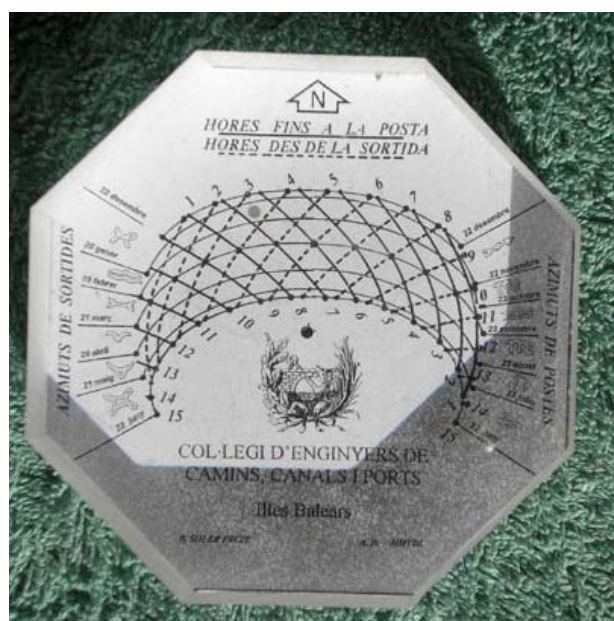


Figura 3

Resultado del cálculo gráfico. Obsérvese la simetría de los dos haces de líneas horarias, al igual que sucede en los cuadrantes ordinarios. La numeración inferior corresponde a las horas itálicas inversas (en línea llena) y la superior a las babilónicas (en línea de trazos). Se consignan también los azimutes de ortos y ocasos de los días de cambio de los meses zodiacales.



La sombra del punto negro (parte superior izquierda) corresponde a día 6 de febrero (o bien a 4 de noviembre) marcando 3,6 horas transcurridas desde la salida y 6,6 horas hasta la puesta, con una total duración del día de 10,2 horas.

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

TALLER DE BRICOLAJE Reloj de sol vertical con veleta

Por Francesc Clarà

En mi colección de maquetas me faltaba la de un reloj vertical “normal”, del tipo que ordinariamente encontramos pintados o grabados en las paredes de las iglesias o en algunas antiguas casas de campo.

Retardaba su construcción por parecerme que no tenía ningún interés especial construir la maqueta de un modelo de reloj de sol tan corriente y abundante.

Un día, durante una excursión para fotografiar y catalogar nuevos relojes de sol, me di cuenta que en lo alto de los tejados de algunas casas de campo y sobretodo en la cúspide de los campanarios de las iglesias que visitaba, era frecuente encontrar artísticas veletas de hierro forjado que, señalaban la dirección del viento que las hacía girar.

En las fotografías de la Figura nº 1 pueden verse algunos ejemplares de estos curiosos artilugios.



Figura 1

Se me ocurrió que podía construir la maqueta del reloj vertical que me faltaba adornándola con una veleta imitando las colocadas en los campanarios.

Por otra parte la idea no era nueva ya que recordaba haber visto fotografías de relojes de sol monumentales, provistos de veletas, que en sus bases tenían inscritos los nombres de los vientos.

En las Figuras 2 y 3 pueden verse dos conjuntos de relojes con este tipo de complementos cuyo autor es el prestigioso gnomonista mallorquín D. Rafael Soler.



Figura 2



Figura 3

Así pues puse manos a la obra no sin antes informarme de los nombres y direcciones de los ocho vientos clásicos que soplan en el Mediterráneo. Figura 4.



Figura 4

tiene sentido si se tiene en cuenta que fueron los navegantes de Sicilia, al centro del Mediterráneo, quienes le dieron este nombre.

Mi curiosidad me llevó a descubrir que “Xaloc”, viento calido y polvoriento que sopla del SE, es el famoso “Sirocco” que tiene su origen al sur del desierto del Sahara.

La palabra “Garbí”, que en lengua árabe significa occidental, es el nombre que los marineros dan al viento del SO que penetra al Mediterráneo por el estrecho de Gibraltar.

Al viento del NE se le llama “Gregal” porque procede de Grecia. Esta dirección de procedencia solo

Ya se que esto de los vientos no es un tema propiamente gnomónico y además supongo que en cada país o región los vientos tendrán nombres diferentes. Mi intención fue solamente adornar un reloj de sol combinándolo con una veleta que nos informa de la dirección de los vientos que soplaban.

Materiales: Recortes de tablero DM de 20 milímetros de grueso para el zócalo y la superficie del reloj. Un cono de madera, un tubo de plástico o cualquier cosa que nos sirva como columna. Un trozo de cartón grueso y fuerte para la veleta. Varillas de 3 milímetros de diámetro para el gnomon y el eje de la veleta. Cartulina blanca para la superficie del reloj. Algunos tornillos, cola y un spray de pintura negra para pintar todo el conjunto.

Herramientas: Las mismas de siempre. Sierra, limas, papel de lija, etc.

Construcción: La Figura 5 corresponde a la fotografía de mi maqueta una vez terminada. Naturalmente podemos variar su forma y aspecto según nuestra imaginación y los materiales que

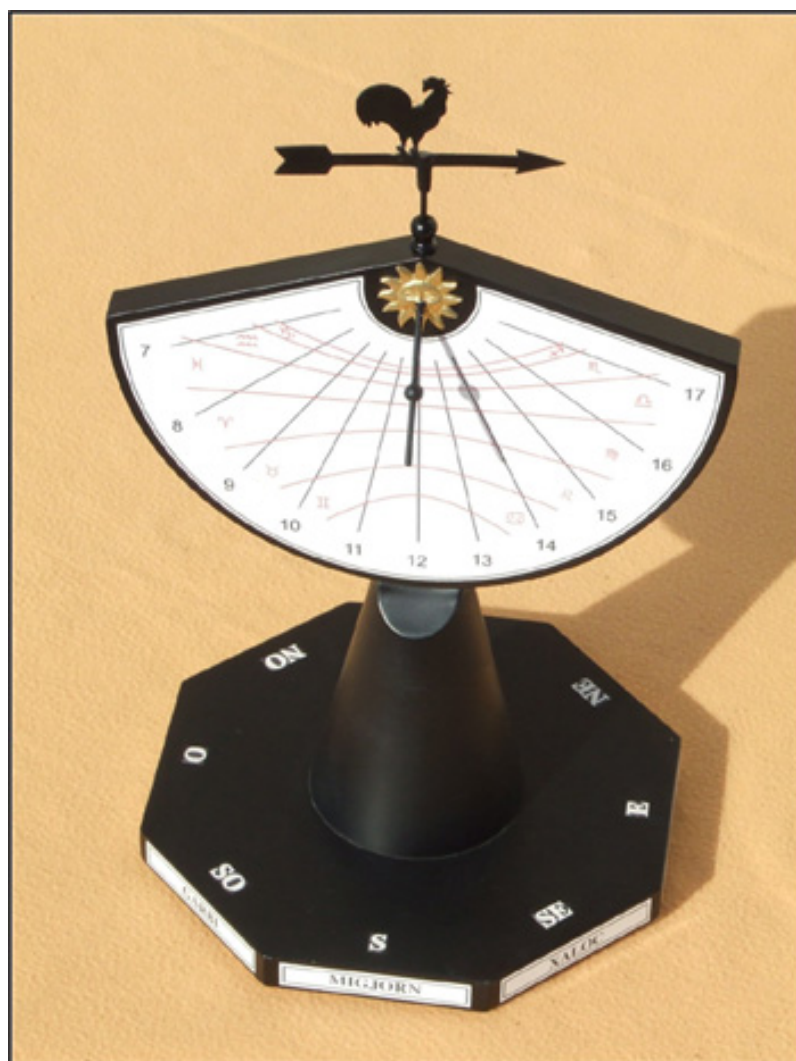


Figura 5

tengamos disponibles.

Como puede verse, sobre una cartulina blanca he dibujado un reloj vertical directamente orientado al Sur que he completado añadiéndole los signos y líneas zodiacales correspondientes. He recortado esta cartulina para adaptarla a la forma del tablero que había preparado para el reloj y he colocado un sol de metal para adornar el punto de anclaje del gnomon.

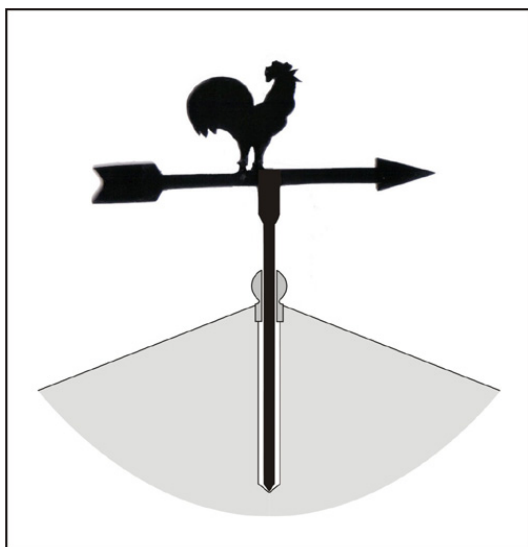


Figura 6

además de sólidos, tengan el menor roce posible para que no ofrezcan demasiada resistencia al giro. En el croquis de la Figura 6 he dibujado el sistema que utilicé para lograrlo.

Construí la veleta dibujando la flecha y el gallo sobre un cartón resistente que después recorté cuidadosamente y uní por su parte central a la varilla que serviría como eje de giro.

Téngase en cuenta que, por convenio, la flecha de las veletas no señala la dirección en que se desplaza el viento, sino que señala la ubicación del lugar de donde este viento procede. Por tanto el gallo, o cualquier otra figura que elijamos, deberemos colocarla algo desplazada hacia la parte trasera de la flecha para que al soplar el viento nos sirva de “timón” y haga girar la veleta en la dirección correcta.

El las Figuras 7 y 8 pueden verse unos detalles del zócalo y la veleta del reloj de sol vertical que faltaba en mi colección de maquetas. Espero que os guste.



Figura 7

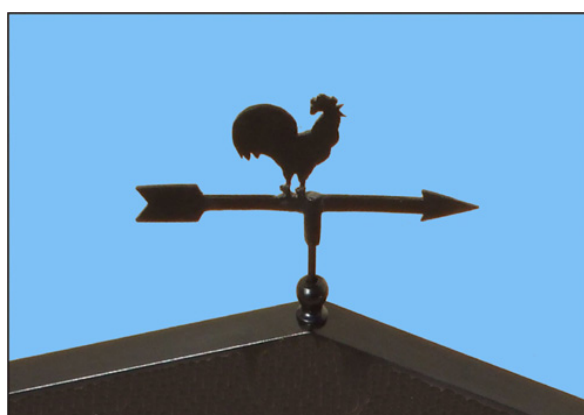


Figura 8

RELOJ DE PASTOR PARA LA ZONA TROPICAL Y LATITUDES CERCANAS

Por Joan Serra Busquets

Imagino que en todo el mundo los gnomonistas nos habituamos a entender y practicar la gnomónica en relación a la Latitud en la que nos movemos y por la costumbre tendemos a olvidar, o al menos a no pensar, en como podrían resultar algunos trazados en otras latitudes distintas. Un ejemplo claro puede entenderse en la poca práctica que solemos tener los que vivimos en el hemisferio norte a la hora de pensar diseños para el hemisferio sur. Es difícil encontrar un libro clásico de gnomónica con algún apartado dedicado al trazado de relojes para aquel hemisferio tan “lejano”. Lejano antaño porque hoy no hay distancias ni siquiera para la gnomónica.

Pero es tal nuestra limitación en este sentido que no ya olvidamos el hemisferio sur sino que también lo hacemos con latitudes distintas a las nuestra, por ejemplo las latitudes tropicales y las polares en las que los trazados de algún tipo de relojes pueden variar significativamente respecto a los de nuestra latitud.

La gnomónica abarca un abanico de disciplinas suficientemente amplio como para que los aficionados podamos dedicarnos a la que más nos atraiga: cálculo, diseño, construcción, historia, fotografía, catalogación, etc. etc.

Personalmente me interesan todos los aspectos de la gnomónica pero en particular me atrae más el cálculo y el diseño, con una debilidad especial hacia los relojes portátiles y dentro de estos, hacia los relojes de pastor, como muy bien saben algunos de mis amigos.



A raíz de un obsequio que pretendía hacer a mi amiga y colaboradora Martha A. Villegas que reside en Torreón Jardín, México, lindando el trópico de Cáncer, exactamente en la Latitud de 25°30' N, pensé como es natural en mí, en hacer un reloj de pastor para aquella latitud. Algo sencillo y a lo que estoy habituado no debería suponerme ningún problema, sin embargo, me ocurrió lo que más arriba he explicado, no me había preocupado de pensar en otras latitudes y ocurrió que no había caído en la cuenta que el día del solsticio de verano el sol está prácticamente en el Cenit, ¡a dos grados escasos!.

Este hecho me planteaba un serio problema en el que no había caído antes, me obligaba a construir un cilindro exageradamente alto o por el contrario, tenía que disponer un gnomon exageradamente corto que, aunque útil para este día, me colapsaría las líneas horarias para las demás fechas. Otra solución era la de aceptar la pérdida de la indicación de las 12 para esta fecha y alguna media u hora más (dependiendo del tamaño del cilindro y/o del gnomon), sin embargo quería intentar el diseño de un reloj en el que cupieran todas las horas. Y el problema lo hice extensivo a cualquier latitud comprendida entre el Ecuador y los trópicos, latitudes en las que el sol se sitúa en el Cenit dos veces al año.

Foto 1. Reloj de pastor para la latitud de 40°

Con este problema ya se encontró el insigne arquitecto catalán Miguel de Bertrán, afincado en México desde 1920 hasta su muerte en 1951.

Autor del conocido libro “*El sol en la mano*” construyó precisamente en Torreón Jardín un conjunto de cuatro relojes verticales orientados a los cuatro puntos cardinales (foto 2) y en el de la cara Sur se encontró con el mismo problema: el día del solsticio de verano la sombra del gnomon se proyectaba fuera del cuadrante si no quería hacerlo de una altura desproporcionada o con un gnomon demasiado corto.

Para solucionar el problema adoptó la solución de prolongar el trazado sobre la superficie horizontal en la base del cuadrante de las líneas horarias centrales, las de las 11, 12 y 13 horas y de las líneas de declinación correspondientes a Mayo, Junio y Julio. Solución que adoptó en todas las caras del conjunto si bien en las caras laterales sólo se proyecta en el plano horizontal la línea de las 12, como ocurre con todos los relojes verticales laterales independientemente de su latitud. Foto 3



Foto 2



Foto 3

Para el reloj de pastor descarté desde el primer momento la posibilidad de ponerle un añadido horizontal en la base porque me parecía poco práctico y poco estético para un reloj portátil que pudiera llevarse fácilmente en la bolsa.

Repasé un poco por encima la literatura a mi disposición y no encontré ninguna referencia al respecto que pudiera orientarme por lo que opté por pensar que lo más probable fuera que no se utilizaran relojes de pastor en aquellas latitudes por ser precisamente poco prácticos, utilizando en su defecto cualquier otro artificio portátil.

Tosca y algunos otros autores dicen únicamente que se construirá un cilindro de altura igual o superior a la altura máxima del sol en el solsticio de verano para la latitud determinada proyectada según la longitud elegida para el gnomon, pero no hablan nada para cuando esta altura es de 90° , o cercana, y por tanto, los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el gnomon y nunca incidirán en el cilindro.

A pesar de la ausencia de datos continué con la idea de realizar uno que fuera válido para latitudes entre trópicos y como no, para latitudes muy cercanas a los paralelos tropicales y que naturalmente no sacrificara ninguna hora.

La solución tardó en llegar, no por difícil, sino porque no es fácil desprenderse de los estereotipos que hemos aprendido, y fue difícil romper con la idea de un cilindro como cuerpo para el reloj.

Si en lugar de un cilindro se construye un cono truncado cuya base tenga el radio igual o superior a la longitud del gnomon (asumiendo que nace del centro de la base truncada) podrá recibir la sombra proyectada por el sol en el cenit con lo que se resuelve el problema. A partir de esta idea ya solo restaba la realización práctica del mismo. Figura 1

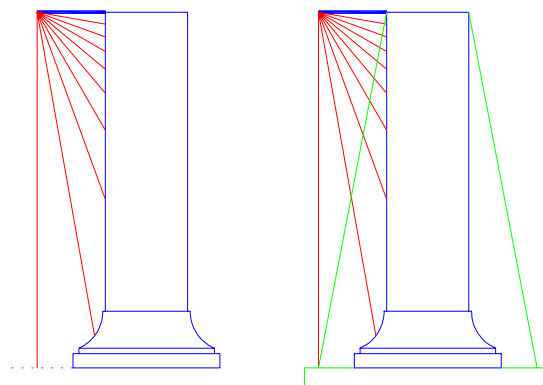


Figura 1

Dado que no soy precisamente lo que llamamos un “manitas” y tampoco poseo las herramientas ni útiles necesarios para trabajos complicados acudí a la experiencia y saber de Francesc Clarà, fiel colaborador de Carpe Diem, que mantiene la sección de “taller o bricolaje gnomónico” en la revista. Como era de esperar se puso de inmediato manos a la obra con la gentileza y generosidad que le caracteriza, y basado en el dibujo de la figura 2, fabricó el ejemplar cuya foto podéis ver al final del artículo.

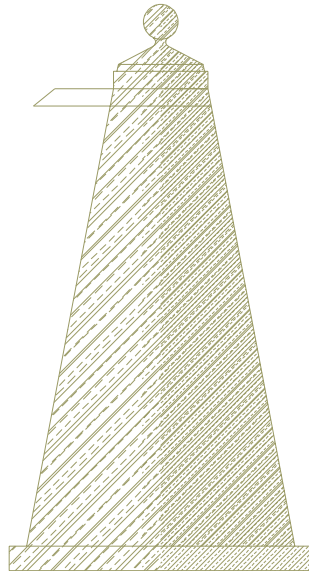


Figura 2

Desconozco todavía si alguna vez ha existido un reloj de pastor de estas características para aquellas latitudes pero pienso que, a falta de otras ideas, ésta no es una mala opción.

CONSTRUCCION

La construcción es en realidad igual que los demás relojes de pastor con la diferencia de desarrollar un cono truncado en lugar de un cilindro y teniendo la precaución de dotarlo de un gnomon cuya longitud no exceda el radio de la base, o el radio del punto en el que termine la faja horaria diseñada si en su parte inferior queremos incluir las fechas o los meses zodiacales. En nuestro caso, la faja de fechas la hemos puesto en la parte superior del cono adaptando el gnomon de manera que la base del mismo coincidiera con la línea de fechas.

Se desarrolla el cono y después de dejar unos márgenes para poder solapar el papel se divide en 12 partes o las necesarias según queramos incluir líneas de fecha para el día de cambio de signo o para cada diez días etc. Figura 3

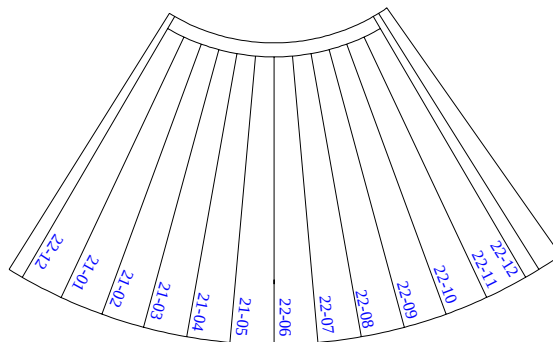


Figura 3

Así pues como para cualquier reloj de pastor confeccionaremos en primer lugar una tabla de alturas solares (ϕ) por horas para la latitud deseada y para los días elegidos.

La fórmula para sacar los puntos (PC) sobre la superficie del cono:

$$PC = g \cdot \sin \phi / \sin (i + \phi)$$

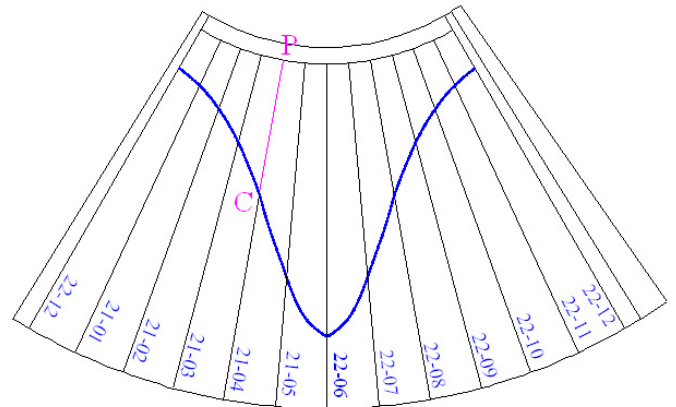
Donde PC = punto horario sobre la línea de fecha

g = longitud libre del gnomon

ϕ = Altura solar

i = Inclinación del cono medida sobre la base

No queda más que marcar los puntos sobre cada línea de fecha para cada hora y unirlos posteriormente para conformar las líneas horarias tal como se ve en la figura. En la siguiente foto se muestra el reloj una vez terminado.



RELOJES SOLARES EN LA REVISTA "LA NATURE"

Traducido por Carlos M^a Sanchez

Gaston Tissandier fue un aeronauta y divulgador científico. Realizó estudios de química y logró subir en globo a 8600 metros, hazaña en la que casi pierde la vida. Fundó la revista *La Nature* dedicada a la divulgación científica. Esta se publicó de forma ininterrumpida durante 23 años de 1873 a 1896. Entre las diversas novedades, curiosidades e invenciones de la época aparecieron diversos relojes de sol. Estas son las traducciones de dos artículos de dicha revista.

RELOJ SOLAR (25 Diciembre 1886)

Este pequeño reloj ha sido creado por M. Bralet. Da la hora mediante la altura del sol respecto al horizonte, y nos ha parecido que constituye un pequeño aparato simple e ingenioso que interesará tanto a nuestros lectores como a nosotros.

Para servirse del pequeño reloj solar, se le tiene verticalmente entre los dedos, y colocando el ojo en B (fig. 1), se le inclina convenientemente de manera que el ojo pueda recibir un rayo de sol que pase por el agujero C, diametralmente opuesto al orificio B. Estos dos agujeros están practicados sobre un reborde circular saliente. Es evidente que la inclinación del reloj es mayor cuando el sol está más alto; cuando el ojo del observador, la línea CD y el sol están situados sobre una misma línea recta, entonces la aguja indica la hora. Hay dos rangos de hora para la lectura; el rango interior pintado en azul sobre el cuadrante, da las horas de la mañana, y el rango exterior pintado en rojo da las horas de la tarde.

Antes de la observación, el cuadrante debe previamente reglarse según la estación. A este efecto, el cuadrante es solidario con el portaanillo, y va encajado con fuerte frotamiento en la montura

que lleva los dos agujeros B C, y una pequeña aguja indicadora F. Las letras impresas en la parte superior del cuadrante indican en la primera línea a partir de la derecha, la letra inicial de cada uno de los meses del año desde enero a junio y en la segunda línea a la izquierda de junio a diciembre.

Se lleva la aguja sobre el mes correspondiente a la época de la observación y se mira el sol como acabamos de indicar. Si estamos a 15 del mes, la aguja se pondrá a mitad del intervalo de los dos meses correspondientes.

La figura 2 representa la vista interior del mecanismo, el cual es extremadamente simple. El

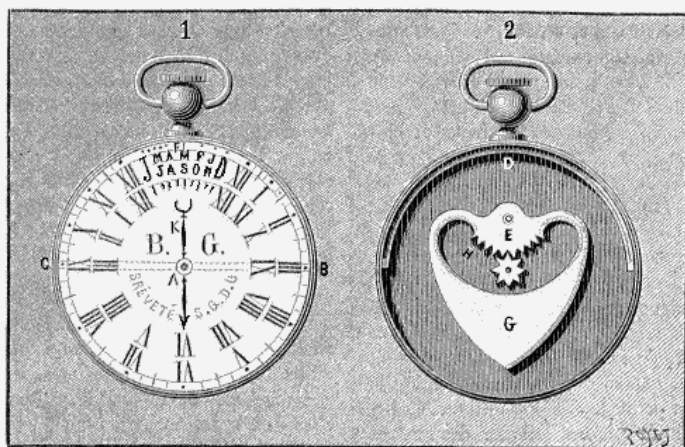


Fig 1 y 2 - Reloj solar de M. Bralet. -1. Aspecto exterior.- 2. Detalle del mecanismo

desplazamiento de la aguja, como se ve en el grabado, está determinado por una masa metálica G que gira alrededor de un eje cuando se inclina el cuadrante. Esta masa metálica arrastra la aguja central mediante un engranaje de cremallera H. Cuando el reloj solar tiene la inclinación deseada el rayo luminoso pasa por los dos agujeros BC hasta llegar al ojo del observador. Es necesario hacer la lectura con precaución con el fin de que el contrapeso no se desplace. Esta lectura puede hacerla un segundo observador colocado al lado del primero. Si estamos solos, es suficiente con girar ligeramente el reloj para hacer uno mismo la lectura sin desplazar el contrapeso.

Este pequeño reloj solar está construido en chapa de cobre, su mecanismo está realizado con aleación de plomo y estaño, y el cuadrante es de papel. Su precio de venta es muy bajo lo que permitirá vulgarizar su empleo. Pero para utilizarlo es necesario que brille el sol, y el astro no siempre es visible durante los sombríos días de diciembre; es el reloj del buen tiempo.

RELOJ SOLAR DE M. DE COMBETTES (6 Agosto 1881)

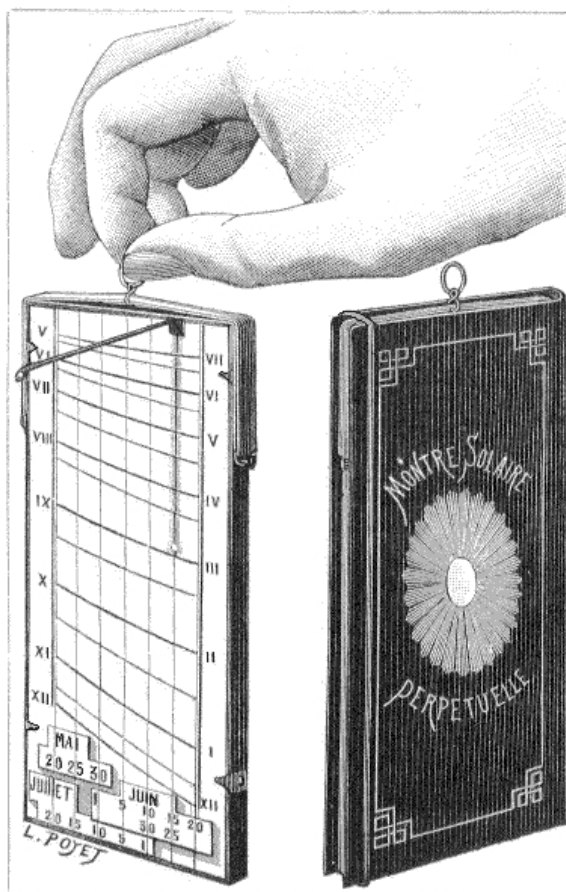
Aquí presentamos este pequeño y sencillo aparato. Los cuadrantes solares son de dos sistemas: uno marca la hora por la inclinación de la sombra y el otro por su longitud. Este último modo es el que ha elegido el constructor.

Sobre una pequeña planchita de caoba, M. de Combettes fija cuatro pequeños corchetes bajo los cuales desliza el pequeño cartón sobre el cual están marcados los meses de la estación. Así en el grabado que vemos tenemos mayo, junio y julio. En lo alto de esta planchita hay fijado un brazalet de caucho provisto de tres anillos, dos para fijarlos a los pequeños clavos puestos sobre el lado de la planchita, y el tercero para poder sujetar el instrumento como se ve en el dibujo. Una agujita de acero, perforada por un extremo, sirve para proyectar la sombra sobre el aparato.

Cuando se quiere utilizar este pequeño instrumento, se coloca el extremo no perforado de la aguja entre la madera y la goma sobre la línea del día del mes. Así en el grabado está sobre la línea del 15 y 25 de junio. Se mantiene el aparato por el pequeño anillo teniendo cuidado de girarlo a derecha o izquierda hasta que la sombra coincida con la línea. El punto luminoso proyectado por el agujero de la aguja indica la hora a la derecha para la mañana y a izquierda para la tarde.

Se ve enseguida, mirando el cartón, que el 20 de junio el sol está en su mayor altura, después el 25 se encuentra a la misma altura que el 15. El día primero de julio está a la misma altura que el 10 y el 30 de junio, etc

Este pequeño aparato, sencillo e ingenioso nos ha parecido digno de ser señalado.



Reloj solar representado en funcionamiento y encerrado en su estuche

INVENTARIO DE RELOJES DE SOL DE LA DIÓCESIS DE VITORIA (V)

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

A RANGUIZ. Zona IV

Parroquia de San Pedro. Semicircular en la cara del sillar, de 12x15°.

El templo tiene planta de salón, cabecera pentagonal, y nave amplia de dos tramos, cubiertos por bóvedas características de finales del XVI y principios del XVII. En un sillarejo bastante erosionado del contrafuerte sur del ábside, sobre la capilla lateral y a la altura del alféizar del ventanal gótico, se localiza el reloj.



Aranguiz. Semicircular en la cara del sillar de 12x15°

Semicircular de 12 sectores aproximadamente iguales. El diámetro está por debajo de la junta del sillar, como consecuencia el agujero de la varilla está taladrado.

A RGOTE. Zona II

Parroquia de N^a S^a de la Asunción. Semicircular en junta de sillar, de 10 sectores aproximadamente iguales.

El reloj, semicircular de 10x18°, está grabado en un sillar de la esquina de la cabecera, colocado al revés en alguna de las actuaciones que ha sufrido la iglesia, cuatro filas por debajo del alero. Corona semicircular para las horas.



Argote. Cabecera.



Reloj semicircular. M. Urteaga

A RMENTIA. Zona IV

Basílica de San Prudencio. Tres relojes.

Circular en el centro del sillar, semicírculo inferior de $12 \times 15^\circ$.

Circular en el centro del sillar, de 24 sectores.

Circular en el centro del sillar, sin traza.



Basílica de San Prudencio de Armentia, patrón de Álava.

En la reforma del año 1773 desaparece toda la fachada sur de la iglesia románica, cubierta por el pórtico y la sacristía, excepto el muro del costado sur del crucero. Este muro se distingue en la larga fachada sur por la cornisa ajedrezada que corre por su parte alta y la ventana abierta en el año 1776.

En la zona baja del muro sur del crucero hay dos relojes. Uno circular de $24 \times 15^\circ$ y otro semicircular de $12 \times 15^\circ$.

Reloj 1. Semicircular de 12 sectores aproximadamente iguales. Está situado en el centro de un pequeño sillar del muro sur del crucero, en el límite de la zona erosionada, y en muy buenas condiciones de conservación..

Para grabarlo posiblemente se utilizó una traza anterior de 8 sectores de 45°. El trazo de la mitad superior del círculo apenas se distingue y contrasta con la profundidad de las líneas de la mitad inferior. Casi todos los relojes de sol semicirculares de 12x15° inventariados hasta ahora se grabaron aprovechando la junta de un sillar. Se observa esta característica en los ejemplares de este tipo de reloj en las iglesias de los siguientes pueblos: Argote, Aranguiz, Bachicabo, Baroja, Basabe, Corro, Dordóniz, Ilárraza, Peñacerrada, los dos de Torre, Tuyo, Zambrana y Zumelzu.

Este reloj y el de Basabe son los dos únicos ejemplares de 12 sectores de 15° grados grabados en un muro románico.



Reloj 1. Semicircular en la cara del sillar de 12x15°

Reloj 2. Aunque la zona inferior del muro del crucero se encuentra muy deteriorada debido a la erosión y a los disparos de fusilería, lo que perdura de la traza nos permite reconstruir un reloj circular en el centro del sillar, de 24 sectores aproximadamente iguales, con corona circular para las horas, grabado debajo del ejemplar anterior. Se leen todavía en números arábigos las correspondientes a las 6, 7 y 8 de la mañana.



Reloj 2. Circular de 24x15°



Detalle. Cifras 7 y 8

Reloj 3. En el muro del crucero y cercano al arco del pórtico hay una corona circular de trazo muy débil, en el centro de un sillar, con un agujero central. Carece de líneas horarias. Localizado por M. Urteaga.

BACHICABO. Zona IX

Iglesia de San Martín. Circular en el centro del sillar, de 24x15°.

En el contrafuerte del segundo tramo de la nave, a la derecha de la portada y a la altura de la vista, se localiza con dificultad lo que queda de la traza de un reloj circular.

Aunque está muy deteriorado por la erosión, todavía son visibles la corona circular exterior y cuatro líneas horarias consecutivas e incompletas que delimitan tres ángulos. En la corona circular exterior observamos tres puntos marcados exactamente en la mitad de cada sector que señalan las medias horas.



Bachicabo. Iglesia de San Martín



Reloj circular de 24x15°

Considerando lo que queda de la traza y el modelo, puede asociarse este reloj a los circulares con cifras de San Prudencio de Armentia, al de la capilla de los Vicuña en el pueblo del mismo nombre y al de la iglesia de Corro, descrito más abajo.

BAROJA. Zona II

Parroquia de San Martín. Semicircular en junta de sillar. Sin traza.



Baroja. Pórtico

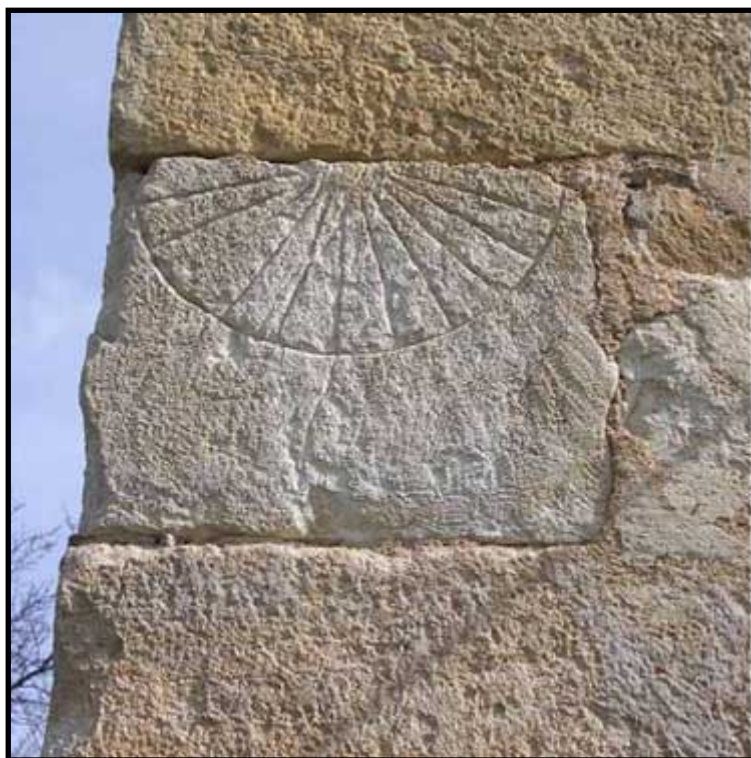


Reloj cortado

Hay un semicírculo grabado en un sillarejo de la esquina izquierda de la torre (siglo XVII), a un metro y medio del suelo. Al construir el pórtico desapareció la mitad del semicírculo. No tiene líneas horarias ni orificio para el estilo.

BASABE. Zona IX

Iglesia de El Salvador. Semicircular en junta de sillar, de 12x15°.



Esquina S.O. Reloj semicircular en junta de sillar de 12x15°

Este reloj de Basabe y el semicircular de la basílica de Armentia son los dos únicos ejemplares de 12 sectores de 15° grabados en un muro románico.

Ubicado en un sillar esquinero a los pies de la iglesia, a la altura de la pequeña ventana cercana que sirve de apoyo al reloj de meridiana desviada. No tiene horas, tampoco la habitual corona semicircular que las contiene. Excelentemente conservado.

BUSTO. Zona II

Parroquia de San Cipriano y Santa Justina. Radial en junta, de 12 sectores aproximadamente iguales.

Se encuentra en un sillar en la esquina del primer tramo de la nave, a la altura de los canecillos del ábside semicircular. El sillar aparece parcialmente cubierto por el muro Este de una dependencia aneja al pórtico que data de 1742.



Ábside y esquina de la nave



Reloj cubierto por el encalado

Las líneas horarias aparecen confusas, cubiertas por el encalado y trazadas desde el polo hasta los bordes del sillar. El posterior revocado de las juntas oculta el agujero de la varilla.

CORRO. Zona IX

Parroquia de San Miguel. Dos relojes.

Circular en el centro del sillar. Trazo desaparecida.

Semicircular en junta de sillar, de 12x15°.

A principios del XVII, se edificó la torre cerrando por tres lados la espadaña adosada a la cabecera de la iglesia. A la torre se accede por una pequeña puerta en arco de medio punto abierta al Sur. Los relojes se sitúan a ambos lados de la puerta, uno en la jamba izquierda y otro en la derecha.

Reloj 1. Queda muy poco del reloj grabado en la jamba izquierda de la puerta de la torre; sin embargo la fuerte erosión sufrida, la huella de la esquina del sillar utilizado para afilar navajas que invade la corona circular, y lo que queda de la traza (corona circular, agujero central y horas en números arábigos) nos lleva a clasificarlo en este grupo. Se leen las cifras correspondientes a las 2 y las 3.

Reloj 2. Semicircular en junta, de 12 sectores de 15° aproximadamente, grabado en el último sillar de la jamba derecha de la puerta de la torre. Las líneas horarias no coinciden en el polo, la de las 6 esta trazada por encima de la junta. Está bastante bien conservado. En el agujero de la varilla asoma un clavo de cabeza de mosca. Sobre el reloj, en la primera dovela del arco, se lee una fecha pintada de azul recientemente: año de 1611.



Corro. Reloj semicircular en junta de 12x15°. La varilla es un clavo

DORDONIZ. Zona II

Parroquia de Santiago. Semicircular en junta de sillar. Sin traza.

Lo poco que queda del reloj está dibujado en un pequeño sillar sobre la imposta del arco de entrada al pórtico, en el primer cuerpo de la torre. Este primer cuerpo es anterior a 1701, fecha de erección de la espadaña. El reloj, muy deteriorado por el paso del tiempo y difícil de localizar, sólo conserva la semicircunferencia.

FUIDIO. Zona II

Parroquia de la Asunción de Nuestra Señora. Circular de 24 sectores.

En el año 1693, el cantero Antonio de la Barrena cobraba 400 reales por el trabajo realizado en la torre, por lo que sabemos que estaba ya levantada a finales del siglo XVII. Este modelo de reloj puede llevar la fecha de erección del primer cuerpo a la primera mitad del siglo XVII.

Adosada a los pies de la iglesia se encontraba la casa cural en tal mal estado, que la derribaron hace un par de años cuando se restauró la cubierta del pórtico, dejando a la vista parte de la fachada sur de la iglesia, desde el pórtico a los pies. En el cuerpo inferior de la torre ha salido a la luz un reloj de Sol circular de buena traza, dividido en 24 sectores aproximadamente iguales. Dos mechinales de las vigas de la primera planta lo destruyeron parcialmente; en la reciente restauración los han tapado.



Fuidio. Reloj circular de 24 sectores aparecido en la torre

I LÁRRAZA. Zona IV

Parroquia de Santa Eulalia. Semicircular en la cara del sillar, de 14 sectores iguales.

Las cuentas de construcción del pórtico abarcan de 1666 a 1676. Seis columnas de piedra con zapatas de madera sustentan su techumbre de viguería. La primera viga, desaparecida en la restauración, se apoyaba en el sillar del contrafuerte donde se había grabado el reloj antes de levantar el pórtico, invadiendo la zona izquierda de la traza.



Ilárraza. Semicircular en la cara del sillar de 14x15°

Reloj semicircular en la cara del sillar, de 14 sectores de 15° y orificio rectangular para la varilla, grabado a la altura de la techumbre del pórtico, en el contrafuerte de la cabecera que mira al Sur. Tiene dos líneas horarias por encima de la horizontal.

I MIRURI. Zona II

Parroquia de San Román. Circular en el centro del sillar, semicírculo inferior de 10 sectores aproximadamente iguales.

La portada de la iglesia de San Román es de finales del XV o principios del XVI. El muro sur de la nave es de la misma época.



San Román de Imíruri



Reloj de 10x18°. Horas de 7 a 5

El reloj se encuentra en un pequeño sillar esquinero de la cabecera a 2,5 m del suelo, trazado en el centro mediante dos círculos concéntricos donde van escritas las cifras de las horas con pequeños números árabigos, cercanos al círculo interior. El semicírculo inferior está dividido en 10 sectores aproximadamente iguales. Las horas van de las 7 de la mañana a las 5 de la tarde. Recuerda al reloj de Albaina tanto en la traza como en la grafía de las horas, aunque este último es de 12 sectores. Alguien, con más voluntad que acierto, ha introducido un muelle en el agujero de la varilla en el que se ha roscado un gran tornillo.

L ASARTE. Zona IV

Parroquia de N^a S^a de la Asunción. Circular en el centro del sillar.

El pórtico está situado bajo un edificio medieval que envuelve la iglesia por sus costados Sur y Oeste. Se accede a él por un arco apuntado de grandes dovelas. En la jamba izquierda de este arco, demasiado erosionado para una reconstrucción fiable, se encuentra el reloj.

Los puntos que tiene en el borde del círculo en la parte superior izquierda de la traza- demasiados para un reloj circular medieval de 16 sectores-, el lugar donde está situado y la cronología de la portada, hacen pensar en un reloj de 24x15°. Localizado por M. Urteaga.

P EÑACERRADA. Zona II (URIZAHARRA)

Parroquia de la Asunción de Nuestra Señora. Semicircular en junta de dos sillares, de 12 sectores aproximadamente iguales.



Semicircular de 12x15° con cifras para las horas

El primer cuerpo de la torre se construyó a finales del siglo XVI, coincidiendo con la nueva cubierta gótica. El reloj, de tamaño demasiado pequeño para la altura donde se encuentra, se grabó entre las dos primeras ventanas saeteras. La meridiana está desviada para evitar la junta vertical de los dos sillares. La altura y la erosión dificultan la lectura de las horas escritas en números árabigos. Se leen el 7, el 8, el 2, el 3 y el 4. Un ejemplo más de que los relojes de 12x15° no miden horas canónicas.

TORRE. Zona II

Parroquia de la Asunción de Nuestra Señora. Dos semicirculares en junta de sillar, de 12 sectores aproximadamente iguales.



Torre. Contrafuerte Sureste



Contrafuerte de la esquina Noroeste

La nave única de esta iglesia se comenzó levantar a finales del siglo XV o principios del XVI sobre la anterior fábrica románica y aún se estaba trabajando en ella a finales de siglo. Los dos relojes están colocados en contrafuertes en esquina por lo que no están orientados al Sur.

Reloj 1. Se encuentra en el contrafuerte de la esquina sur de la cabecera, orientado al SE. Está trazado aprovechando las juntas de tres sillares. Tiene corona semicircular donde iban escritas las horas que han desaparecido, excepto la correspondiente a las 8 de la mañana. Declina 70° a Levante.



Reloj 1. Semicircular de 12x15° con cifras



Reloj 2. Semicircular de 12x15° con cifras

Reloj 2. Está situado en el contrafuerte de la esquina norte de los pies, orientado al NO. Se trazó porque el otro reloj quedaba a la tarde en sombra. En la corona semicircular se aprecian alguna de las cifras en números arábigos y otras en romanos: el palo de la una, dos palos de las tres, tres palos de las cuatro y la V de las cinco. Declina 18° a Poniente.

TUYO. Zona IX

Iglesia de Santa Ana. Hasta cinco pequeños relojes semicirculares en junta se pueden ver en la fachada Sur de la iglesia de Tuyo, grabados en el paño del muro situado entre los dos contrafuertes.

Excepto el número uno, grabado un poco más alto que la ventana, todos los demás se encuentran al alcance de la mano y pueden clasificarse en el grupo de semicirculares de tipo popular.. En todos ellos se ha alterado la traza original: sabemos que los niños de la escuela vieja del pueblo, hace unos cincuenta años, enredaban en los relojes colocando palos y tablas como varillas, añadiendo líneas y números, incluso construyendo algunos nuevos. Hay en la pared otras tres trazas, una de ellas en el contrafuerte izquierdo y mirando al este, que podrían haber sido dibujadas por los niños de la escuela. Los relojes están numerados de arriba abajo y de izquierda a derecha.

Es el único de la serie que no se encuentra al alcance de la mano. Tiene dos trazas superpuestas. Una con la meridiana desviada, en la que se distinguen las líneas horarias de la tarde, y una segunda traza de la que sólo se conserva la línea del mediodía y las cifras de las 11, 12, 1, 2 y 3.



Reloj 1. Sirvió de modelo para dibujar los demás. Tiene dos trazas

Reloj 2. Es el mejor conservado de la serie. Grabado en un sillarejo del lado izquierdo de la pequeña ventana cegada. Está dividido en 10 sectores aproximadamente iguales. Es semejante al de Imíruri, aunque en este reloj las 7 y las 5 no coinciden exactamente con la horizontal. Las horas van escritas en números arábigos de 7 de la mañana a 5 de la tarde y separadas por líneas que marcan las medias horas. Hay en el agujero del estilo argamasa de distinto color que la de rejuntado, que sirvió para sujetar la varilla.



Reloj 2. Semicircular en junta de 10 sectores. Horas en arábigos

Reloj 3. Está grabado en un sillar de coloración rojiza, tres filas de sillares por debajo y cuatro a la derecha del reloj número 2. De traza igual aunque en peor estado de conservación. Se ha dividido el semicírculo en 12 sectores, aproximadamente iguales, a partir de la junta del sillarejo que no guarda la horizontal. Las horas, escritas en números árabes, han desaparecido casi en su totalidad; aún así, son legibles las 8, las 10, las 3 y las 4. Conserva el extremo de una varilla de madera.



Reloj 4. Muy deteriorado



Reloj 5. Semicircular de 12x15°

Reloj 4. Grabado en un sillarejo alargado, cuatro filas por debajo del reloj número 2. Está muy deteriorado, se aprecian solamente tres líneas horarias y la corona semicircular.

Reloj 5. Situado seis filas de sillarejos por debajo del número 2 y cuatro sillares a la derecha. Repite el modelo de los anteriores. Las líneas de las horas se prolongan hasta la segunda semicircunferencia. En la fotografía se aprecia como le da sombra el contrafuerte.

VICUÑA. Zona V

Parroquia de la Asunción de Nuestra Señora. Circular en el centro del sillar de 24 sectores iguales.



Vicuña. Capilla de los Hordoñanas. Año de 1575

El reloj está grabado cuatro filas por debajo del escudo de los Hordoñanas, en un sillarejo esquinero del muro sur de la capilla de San Pedro, adosada a la cabecera y erigida en el año 1575, según reza la inscripción del escudo.

Circular en el centro del sillar, de unos 20 cm de diámetro, dividido en 24 sectores aproximadamente iguales. Corona circular exterior donde van escritas las horas en números romanos, de V de la mañana a VII de la tarde.



Vicuña. Circular de 24x15°. Numeración romana. M. Urteaga

ZAMBRANA. Zona IX

Parroquia de Santa Lucía. Semicircular en junta de sillar, de 10 sectores aproximadamente iguales.



Torre de la iglesia de S^a Lucía.. Siglo XVII

La torre se levantó en el siglo XVII, tiene tres cuerpos, y se emplearon en su edificación materiales procedentes de la anterior parroquia del pueblo.



Reloj semicircular de 10x18°. Línea de Mediodía desviada

En la esquina del arranque del segundo cuerpo y a la altura de la imposta que corre sobre el arco del pórtico, se ubica el reloj. Semicircular en junta de sillar, de diez sectores y con la meridiana ligeramente desviada.

ZUMELZU. Zona IV

Parroquia de San Juan Bautista. Semicircular en junta.

La torre de la iglesia se erigió en el año 1771 aprovechando la espadaña como muro de uno de sus cuatro lados. En la cara sur de la espadaña, diferenciada por el aparejo de sillarejo del muro de mampuesto añadido, se grabó un reloj semicircular en junta, a unos 2 m de altura, del que sólo ha llegado hasta hoy la corona semicircular. Bajo el reloj se lee una fecha: año de 1670.



Reloj semicircular en junta. Traza desaparecida



Zumelzu. Situación del reloj en la antigua espadaña

CREU DE S'ULLASTRE

Por Joan Serra Busquets

Prácticamente en toda la geografía española podemos encontrar las llamadas “cruces de término” conocidas también en muchos lugares como “humilladeros”.

Las cruces de término son cruces de piedra situadas, generalmente, en las encrucijadas de caminos, en las entradas y salidas de pueblos, entradas a monasterios y como hitos para delimitar los términos o municipios y, al decir de algunos autores, para indicar que aquel pueblo ya era cristiano durante y después de la reconquista.

Si bien actualmente aun quedan muchas cruces de término en pie, la mayoría de ellas han sido reubicadas debido a las transformaciones de los pueblos o viales, y otras reconstruidas o reemplazadas ya que un importante número de ellas fueron destruidas durante la guerra civil.

Como hemos dicho, tienen también el nombre de *humilladeros* porque los viajeros se detenían en ellas a rezar una plegaria. Frecuentemente estas cruces estaban cubiertas por un tejadillo que, además de proteger la cruz de la intemperie ofrecían a los campesinos y viajeros un lugar de descanso en sus gradas a la sombra o refugio en las tempestades. En este caso se les llama *cruz cubierta*. Foto 1



Foto 1. Cruz cubierta en Alzira, Valencia



Foto 2. Cruz de s'alqueria de'es comte, Mallorca

Mallorca cuenta con un número importante de cruces de término, la mayoría de ellas catalogadas como *Bien de interés cultural (BIC)* por ser elementos representativos de arte popular religioso. Pero a pesar del importante número parece ser que no queda ninguna con el mencionado tejadillo ya que la única o última que quedaba fue destruida por el desbordamiento de un torrente en el año 1886 y posteriormente fue erigida de nuevo aunque sin la cubierta protectora. Se la conoce como *la creu de s'alqueria de's comte*, en el pueblo de Sóller. Foto 2

La disposición más corriente en Mallorca consiste en una grada octogonal con más o menos escalones en cuyo centro se erige la columna también octogonal rematada por un capitel sobre el que se encuentra la cruz de piedra propiamente dicha. La cruz suele presentar a Cristo crucificado en el anverso y a la Virgen en el reverso adornada con distintas figurillas que pueden representar santos o apóstoles complementados con ángeles, querubines y distintos motivos florales.

El capitel suele presentarse historiado en el interior de pequeñas hornacinas en cada cara y además de figurar en ellas imágenes de los evangelistas o sus emblemas, suelen presentar también el escudo de la villa o de la familia que costeó su construcción.

En el pueblo de Andratx, situado en el extremo más occidental de la isla, se halla una cruz que se diferencia de todas las demás por encontrarse embutida en un nicho abierto en la esquina de una casa. Dicha cruz es conocida en mallorquín como *la creu de s'ullastre* (la cruz del acebuche). Se trata de una cruz latina de estilo neobarroco del siglo XIX mientras la columna que la sostiene es barroca del siglo XVII.

Bartolomé Ferrá Perelló, quien había confeccionado una relación de las cruces de término de Mallorca escribía en mayo de 1885 en el boletín de la Sociedad Arqueológica Luliana:

2.^a La de s' *uyastre*, adjunta á la casa de Mateo Palmer, quien hácia el año 1850 repuso el crucero de madera, sobre el pié y el capitel de piedra esculpturados que todavía se conservan.



Foto realizada en 1915 por Joseph Salvany i Blanch (1866-1929)
Obtenida del *Fons fotogràfic Salvany, Biblioteca de Catalunya*

Hace algún tiempo me llegó una foto de dicha cruz porque en una de sus caras tiene grabado un reloj de sol. Me llamó poderosamente la atención por su reducido tamaño (10 x 10 cm.), lo que le convertía en el reloj de sol más pequeño de la isla..

Como tantas otras cosas quedó pendiente para una futura visita en la que pudiera examinarlo de cerca y tomar mejores fotografías que la que me habían enviado.

Aproveché una visita relámpago del amigo Antonio Cañones para convencerle de que fuéramos a inspeccionar la cruz con su reloj. La verdad es que no me costó demasiado trabajo convencerle y dada su habilidad y pericia para encaramarse, pronto hubo vencido las dificultades de accesibilidad situándose en posición para llevar a cabo la labor fotográfica. (Todas las fotos siguientes son de A. Cañones).



Ubicación de la cruz y de la casa



Situación del reloj de sol



Detalle del reloj de sol

La cara de la columna que contiene el reloj declina unos 11.5° al Este y el trazado del reloj parece haber sido hecho con más buena voluntad que acierto.

Bien, ya había conseguido una buena fotografía del reloj conocido sin embargo nos encontramos con sorpresas inesperadas ya que en la misma cara y más abajo se encuentra un agujero con las cifras inscritas 176. Puede observarse que el agujero no es casual y que probablemente quería ser otro reloj que nunca se llevo a cabo. Aunque no sea un reloj propiamente dicho y sólo para una mejor comprensión de la ubicación de los dos le llamaremos segundo reloj o reloj numero dos.



Situación del segundo reloj



Detalle

La cruz estaba resultando cada vez más interesante ya que no pararon aquí los hallazgos.

En la cara adyacente de la derecha se encuentra otro reloj, o intento de reloj, ya que está inacabado, en el que pueden verse los números de las horas correspondientes a la mañana y algunas líneas de la tarde. En todo caso por su declinación al Este, también estaría mal trazado. Le llamaremos reloj número tres y en la foto puede verse el agujero correspondiente al número dos que hemos descrito.



Reloj número tres

La cara adyacente siguiendo hacia el Este ya se esconde en el interior del nicho por lo que pasamos a las caras que miran al Oeste empezando por la que contiene los dos primeros relojes y nos encontramos con otro agujero como el del caso número dos con unas líneas grabadas de significado desconocido. Por el mismo motivo que hemos hecho con el segundo y sabiendo que no se trata de un reloj propiamente dicho le llamaremos reloj número cuatro.



Reloj número cuatro

Y continuando hacia el Oeste nos encontramos en la cara siguiente con otro reloj en el que pueden distinguirse claramente algunas líneas horarias y parte del marco que lo encuadraba. En la parte inferior del marco lleva inscrita la fecha de 1760 también enmarcada. Por encima del agujero del gnomon se distingue una especie de flecha indicadora que apunta a otra fecha junto al límite superior de la foto donde se lee 177¿8?



Reloj número cinco

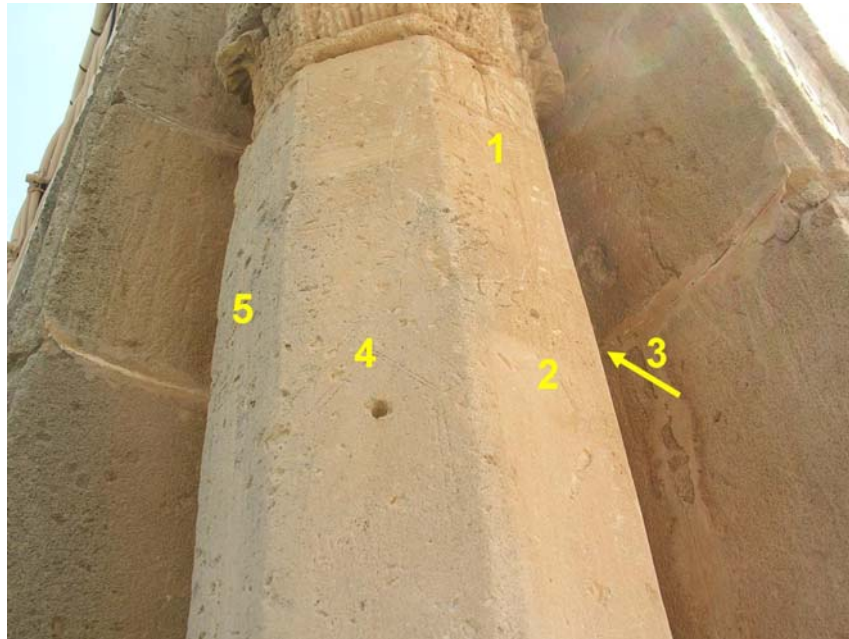


Detalle

En definitiva la cruz cuenta con tres relojes de sol y dos agujeros dispuestos con la intención de realizar otros dos. Independientemente del acierto o no en el trazado no cabe duda que ha existido un verdadero interés en convertir este fuste en una verdadera columna gnomónica. No deja de llamar la atención el hecho de que haya uno en cada una de las caras visibles, como si quisieran hacer uno en cada declinación.

Ante este hallazgo, no sería descabellado albergar la esperanza de encontrar relojes de sol en otras cruces de término, máxime si se tiene en cuenta su ubicación en cruces de caminos y entradas a los pueblos donde sería práctico disponer de un reloj para campesinos y viajeros.

Tenemos pues en estas cruces de término o humilladeros unos elementos arquitectónicos en los que investigar la posible existencia de relojes de sol.



Situación de los relojes en cada cara



Como dato curioso, ajeno a la gnomónica, y con el fin de completar la descripción de la cruz diremos que, en contra de lo que suele ser frecuente, en lugar de presentar a Cristo crucificado, ésta presenta a la virgen María.

Carpe Diem

Nº 24 Edición trimestral

Revista de gnomónica

Diciembre 2007

La primera revista digital de gnomónica en español

Joan Serra Busquets

CASA DE LA PANADERIA

Por Francisco J. Albertos

En la conocida Plaza Mayor de Madrid, está la emblemática Casa de La Panadería, cuya construcción consta haberse iniciado a principios del siglo XVI, siendo muy llamativas las pinturas al fresco de su fachada. Su iconografía recoge escenas relativas a Madrid: *La Ninfa Lagunilla*, *el Fauno Acuático*, *Abundia sujetando un madroño* y *oso cogiendo fruto*, etc.

Un gran incendio ocurrido en 1672, obligó a su reedificación y a ser pintada de nuevo, interviniendo en ello José Jiménez Donoso en colaboración con Claudio Coello y del pintor Luís González Velázquez y otros a lo largo de su historia.

Los siguientes versos de Calderón de la Barca nos permiten deducir que, al construirse, se colocó un reloj mecánico y otro reloj de sol “para que de la vida se numeren los momentos”:

Pedro Calderón de la Barca (Madrid, 1600-1681)

Y porque se cumpla el verso
de aquel himno en que la Iglesia
canta que todo sea nuevo
ya nueva Casa de Pan,
la Corte del Universo,
fabricó en la Mayor plaza
de sus católicos reinos.
Sus señas lo digan, pues
en su perspectiva vemos
coronada la tarjeta
que inscribe Rey y Gobierno;
y si ella no basta, hablen
en blanco mármol impresos
con los timbres de sus armas
las palmas de sus trofeos
triunfando de dos leones,
significándose en ellos
Gentilidad y Hebraísmo,
que son los leones fieros
que contra la Fe rugientes
están a sus plantas puestos.
Y para que de la vida
se numeren los momentos,
para llegar a tomar
el Pan deste alcázar nuevo,
reloj de sol los señale;
y por si no basta esto,
haya de bronce de sol,
que se los cuente más recio.

El reloj mecánico estaba en el torreón izquierdo y el reloj de sol en el derecho (vistos desde el observador). Antiguamente era usual verificar las horas del reloj mecánico, dada su falta de precisión, con las del reloj de sol, a quien aquel tomaba como referente, esto era la justificación de colocarlos visualmente próximos.

Actualmente en el torreón izquierdo sigue colocado un reloj mecánico y en el torreón derecho hay instalado un barómetro, que se instaló en 1880, y que sustituyó al reloj de sol.

La Casa de la Panadería ha sido tratada frecuentemente en el Arte, siendo objeto de muchas pinturas, en donde aparecen los relojes, entre las que mostramos las siguientes, depositadas en el Museo Municipal de Madrid: La litografía **Casa de la Panadería** (foto 1) es obra de J. Cebrián (1661-1700), realizada en el establecimiento litográfico de J. Donon. **La Vista de la Plaza mayor en Fiesta de toros**, (foto 2), de autor anónimo, refleja la presidencia de Mariana de Austria y Carlos II de niño, se puede aproximar su fecha a 1675. **Ornato de la Plaza Mayor con motivo de la entrada en Madrid de Carlos III**, (foto 3) se atribuye a Lorenzo de Quirós, año probable de ejecución 1760 aprox. También se le asigna, en menor grado, a Juan Paret (1746-1799) con lo que el rey sería Carlos IV y no Carlos III.



Foto 1



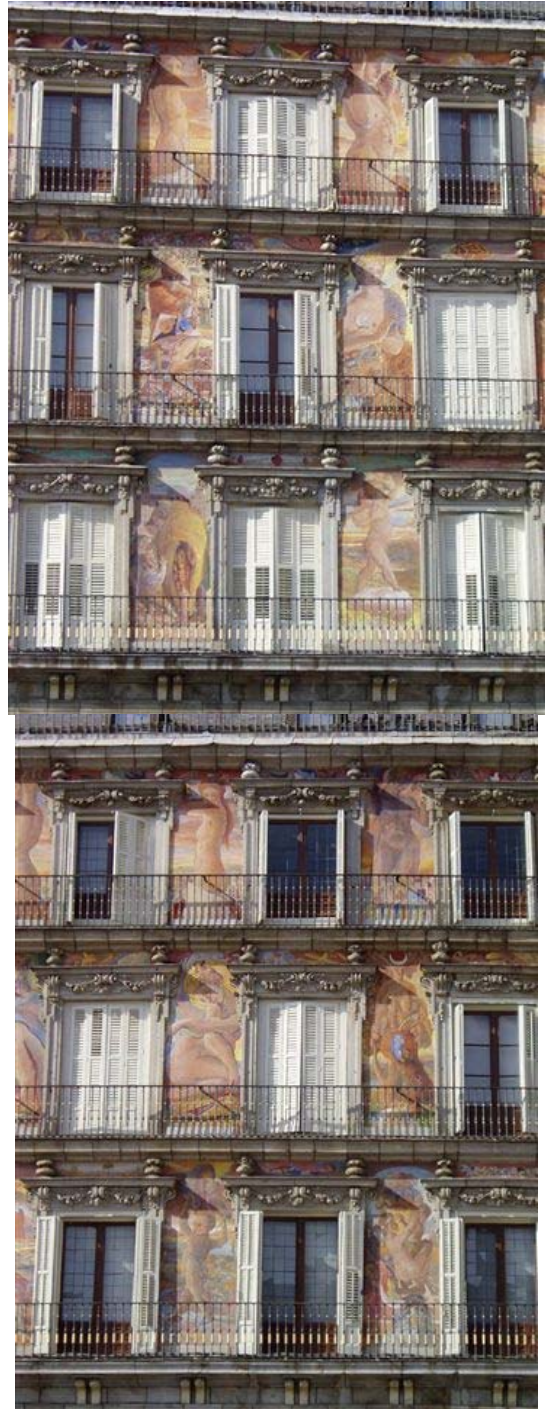
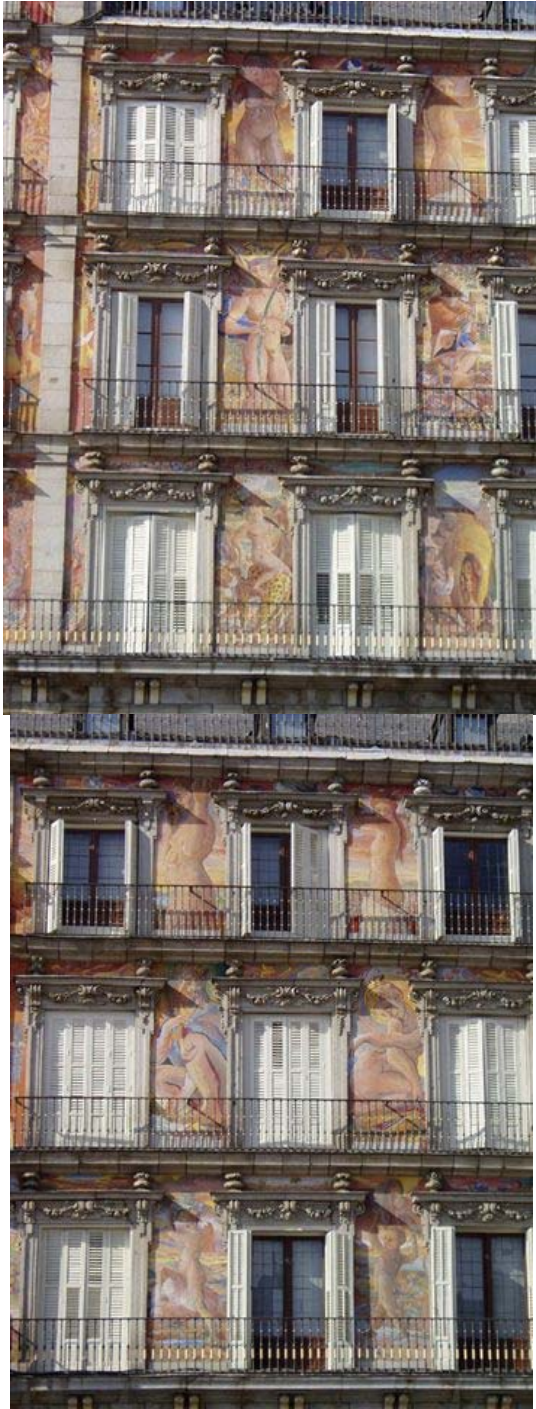
Foto 2



Foto 3



Foto FJAM



Iconografía

EFFECTOS DE LA REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA EN LA LECTURA DE LOS RELOJES DE SOL

Por Enrique Casado Polo

1 INTRODUCCIÓN

De siempre he tenido noticia de que el efecto de la refracción atmosférica sobre la lectura de los relojes de sol era despreciable, pero no he visto en ningún libro o artículo gnomónico una justificación teórica a dicha afirmación. Por este motivo, hace tiempo que me rondaba la inquietud de conocer exactamente en que medida afecta la refracción atmosférica a la lectura horaria de los relojes de sol y tener una cuantificación del error cometido. Así que finalmente, me puse manos a la obra, dispuesto a saciar mi curiosidad, siendo el resultado de ese trabajo, lo que más adelante aquí se expone.

Aquellos que no deseen entretenerse en desarrollos matemáticos y disquisiciones técnicas, pueden acudir directamente al último apartado de Conclusiones donde de forma resumida se exponen los resultados obtenidos. Y para aquellos faltos de tiempo o interés por este tema simplemente decirles lo que ya saben, que efectivamente el efecto de la refracción atmosférica en la lectura horaria de los relojes de sol es despreciable y no tiene que ser tenido en cuenta en la inmensa mayoría de aplicaciones gnomónicas.

2 LA REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA

La refracción de la luz cuando esta atraviesa las distintas capas de la atmósfera hasta llegar a nosotros, hace que veamos los astros con mayor elevación que la que en realidad tienen, es decir disminuye su distancia

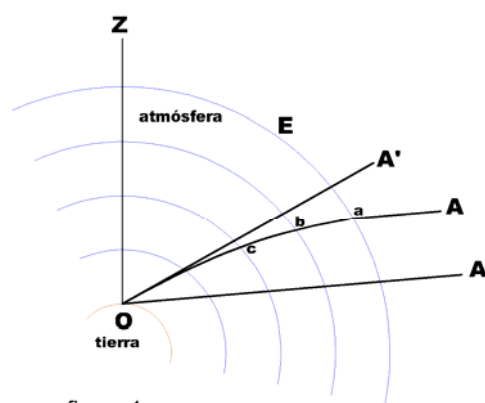


figura 1

cenital (ver figura 1). Supongamos la tierra esférica y que la capa E es el límite de la atmósfera, si A es un rayo de luz que viene de un determinado astro en línea recta, al entrar en la primera capa sufre la primera refracción en la dirección ab, en b se refracta según bc y así sucesivamente hasta llegar al observador situado en O que mide la distancia cenital ZOA' en lugar de la real ZOA, al ángulo A'OA se le conoce como refracción.

Debido a la naturaleza de la atmósfera terrestre no se tiene una fórmula exacta para determinar el valor de la refracción; existen diversas fórmulas para calcular el valor de la refracción, todas ellas mezcla de razonamiento matemático unido a una determinación empírica, mas exactas cuanto mas complejas. A continuación recogemos dos de estas fórmulas

obtenidas del libro Astronomía de F. Martín Asín:

Fórmula de Laplace

$$\rho'' = 60,29'' \operatorname{tg} Z_A - 0,07'' \operatorname{tg}^3 Z_A$$

Donde Z_A es la distancia cenital observada.

Fórmula de Bradley

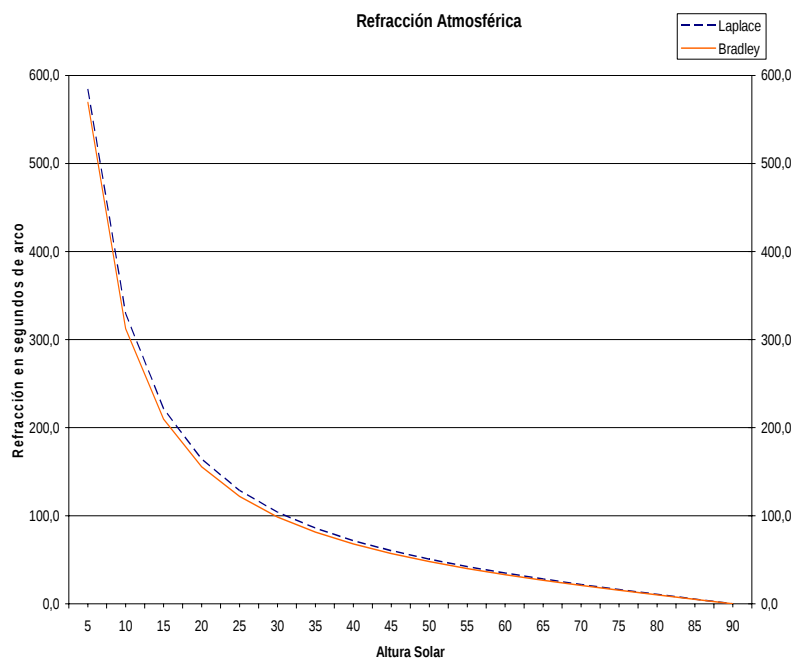
$$\rho'' = 57,8 \cdot \operatorname{tg}(Z_A - 0,0638889 \cdot \operatorname{tg} Z_A) \cdot \frac{278(1 - 0,00016 \cdot t)}{753,5(268 + t)} \cdot b$$

Donde Z_A es la distancia cenital medida, t la temperatura en °C y b la presión atmosférica en mm Hg

Como vemos el efecto de la refracción aumenta con la distancia cenital, es decir cuanto mas bajo está el sol en el horizonte mayor es el efecto. Con alturas del sol muy bajas estas fórmulas dejan de tener validez.

En la siguiente tabla se muestra el valor de la refracción en segundos de arco, para distintas alturas, obtenido con las dos fórmulas anteriormente expuestas:

Altura grados	Refracción segundos arco	
	Laplace	Bradley
5	584,6	569,3
10	329,2	312,4
15	221,4	209,7
20	164,2	155,5
25	128,6	121,8
30	104,1	98,5
35	85,9	81,3
40	71,7	67,9
45	60,2	57,0
50	50,5	47,8
55	42,2	39,9
60	34,8	32,9
65	28,1	26,6
70	21,9	20,8
75	16,2	15,3
80	10,6	10,1
85	5,3	5,0
90	0,0	0,0



3 EFECTO DE LA REFRACCIÓN EN EL RELOJ SOLAR

Para analizar el efecto de la refracción atmosférica sobre la lectura de los relojes de sol, nos apoyaremos en la figura 2 que representa la esfera celeste en un punto de la tierra situado a una latitud φ norte y con el triángulo esférico de posición del sol. Siendo:

P = polo celeste

Z = cenit del lugar

φ = latitud del lugar

A = azimut

H = ángulo horario

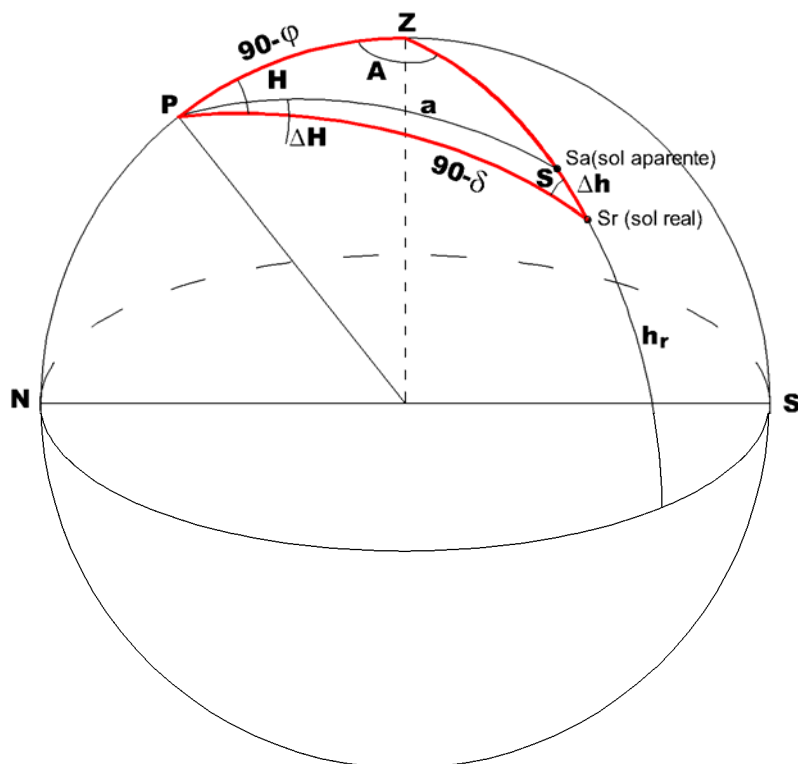
ΔH = variación del ángulo horario debido a la refracción

h_r = altura real del sol

Δh = refracción atmosférica

S_r = sol real

S_a = sol aparente o refractado



Como se observa de la figura el efecto de la refracción hace que la altura del sol que “ve” el reloj sea superior a la real (el valor de la refracción es Δh y la altura aparente del sol $h_a = h_r + \Delta h$), es decir el sol para el reloj se encuentra en un plano horario distinto del que en realidad ocupa (un plano con menor ángulo horario, $H' = H - \Delta H$), esto se traduce en que **hasta**

figura 2

mediodía el reloj adelanta y después de mediodía el reloj atrasa.

Aplicando la formula de Bessel de la relación del coseno al triángulo esférico que tiene como vértices al polo celeste, el sol real y el sol refractado PS_rS_a , obtenemos la siguiente expresión:

$$\cos \Delta h = \cos a \cdot \sin \delta + \sin a \cdot \cos \delta \cdot \cos \Delta H \quad (1)$$

Ahora aplicamos la relación de senos al mismo triángulo, obteniendo:

$$\frac{\sin a}{\sin S} = \frac{\sin \Delta h}{\sin \Delta H} \quad (2)$$

Aplicando la misma relación al triángulo de vértices el polo celeste, el cenit y el sol real PZS_r :

$$\frac{\cos \varphi}{\sin S} = \frac{\cos \delta}{\sin A} \quad (3)$$

De (2) y (3) obtenemos,

$$\sin a = \frac{\cos \varphi \cdot \sin A \cdot \sin \Delta h}{\cos \delta \cdot \sin \Delta H} \quad (4)$$

Aplicando la relación del coseno al triángulo PS_rS_a

$$\cos a = \cos \Delta h \cdot \sin \delta + \sin \Delta h \cdot \cos \delta \cdot \cos S \quad (5)$$

y aplicando la misma relación al triángulo PZS_r

$$\sin \varphi = \sin h \cdot \sin \delta + \cos h \cdot \cos \delta \cdot \cos S \quad (6)$$

Despejando $\cos S$ en (6), substituyendo en (5) y operando, obtenemos:

$$\cos a = \sin \delta (\cos \Delta h - \sin \Delta h \cdot \operatorname{tg} h) + \frac{\sin \Delta h \cdot \sin \varphi}{\cos h} \quad (7)$$

Substituyendo en (1) $\cos a$ por la ecuación (7) y $\sin a$ por la ecuación (4), nos queda:

$$\cos \Delta h = \left[\sin \delta \cdot (\cos \Delta h - \sin \Delta h \cdot \operatorname{tg} h) + \frac{\sin \Delta h \cdot \sin \varphi}{\cos h} \right] \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \sin A \cdot \sin \Delta h \cdot \operatorname{ctg} \Delta H$$

Operando con la expresión anterior, se obtiene:

$$\operatorname{tg} \Delta H = \frac{\cos \varphi \cdot \sin A}{\operatorname{ctg} \Delta h \cdot \cos^2 \delta + \operatorname{tg} h - \frac{\sin \delta \cdot \sin \varphi}{\cos h}} \quad (8)$$

La expresión (8) se puede poner en función del ángulo horario H, substituyendo $\sin A$ por el valor que se obtiene aplicando la relación de los senos al triángulo PZS_r

$$\frac{\cos \delta}{\sin A} = \frac{\cos h}{\sin H}; \sin A = \frac{\sin H \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad (9)$$

quedando de la siguiente manera:

$$\operatorname{tg} \Delta H = \frac{\cos \varphi \cdot \operatorname{sen} H \cdot \cos \delta}{\cos h \cdot \operatorname{ctg} \Delta h \cdot \cos^2 \delta + \operatorname{sen} h - \operatorname{sen} \delta \cdot \operatorname{sen} \varphi} \quad (10)$$

4 ANALISIS DE LAS ECUACIONES OBTENIDAS

Del análisis del numerador de la ecuación (8), deducimos inmediatamente dos hechos que resultan bastante evidentes:

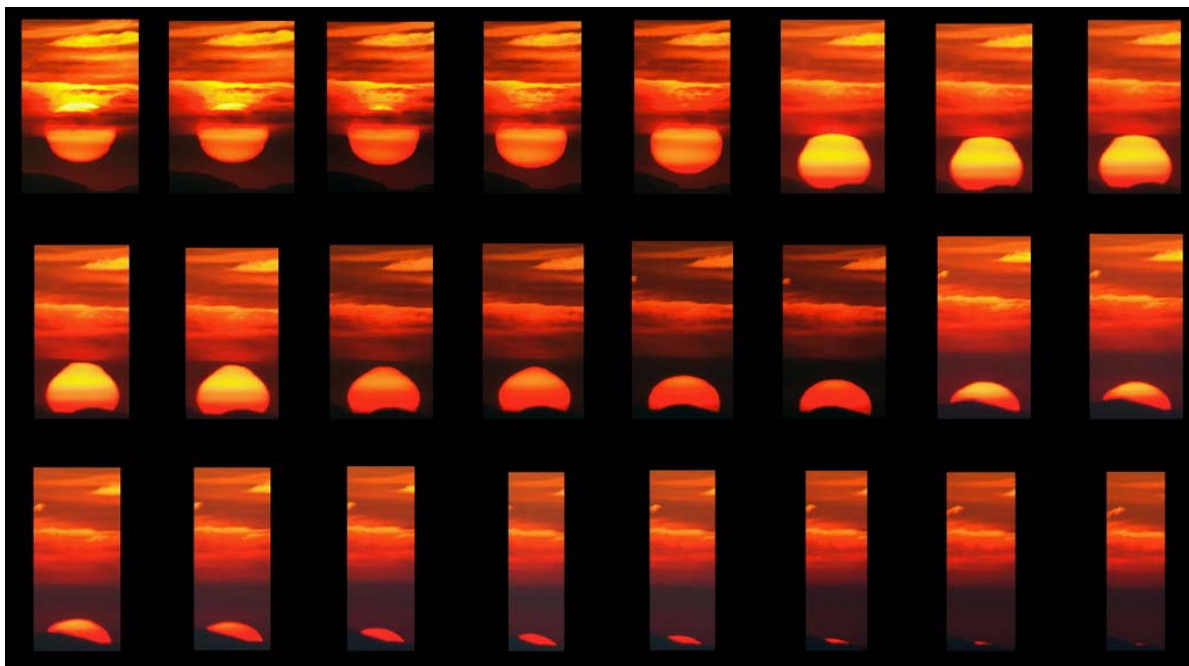
Efecto de la latitud donde se encuentra el reloj:

Si $\varphi = \pm 90$ (reloj situado en los polos terrestres), el efecto de la refracción atmosférica sobre el reloj de sol es nulo, dado que $\cos \varphi = 0$ y por tanto $\operatorname{tg} \Delta H = 0$ y $\Delta H = 0$. En efecto, los planos horarios en los polos son planos verticales, con lo cual el efecto de la refracción hará que veamos el sol mas alto de lo que realmente se encuentra, pero siempre dentro del mismo plano horario.

En el ecuador $\varphi = 0$ y $\cos \varphi = 1$, es decir el efecto es máximo.

Efecto del azimut:

Cuando el azimut $A = 180^\circ$, el sol se encuentra sobre el plano meridiano, este plano que se corresponde con el plano horario de las 12, es también vertical, con lo cual la refracción hará que veamos el sol mas alto, pero dentro del mismo plano, con lo que la hora marcada por el reloj no se verá afectada por la refracción. Este efecto no es muy importante dado que cuando el sol se encuentra en el meridiano tiene su máxima altura y por tanto el valor de la refracción es mínimo.

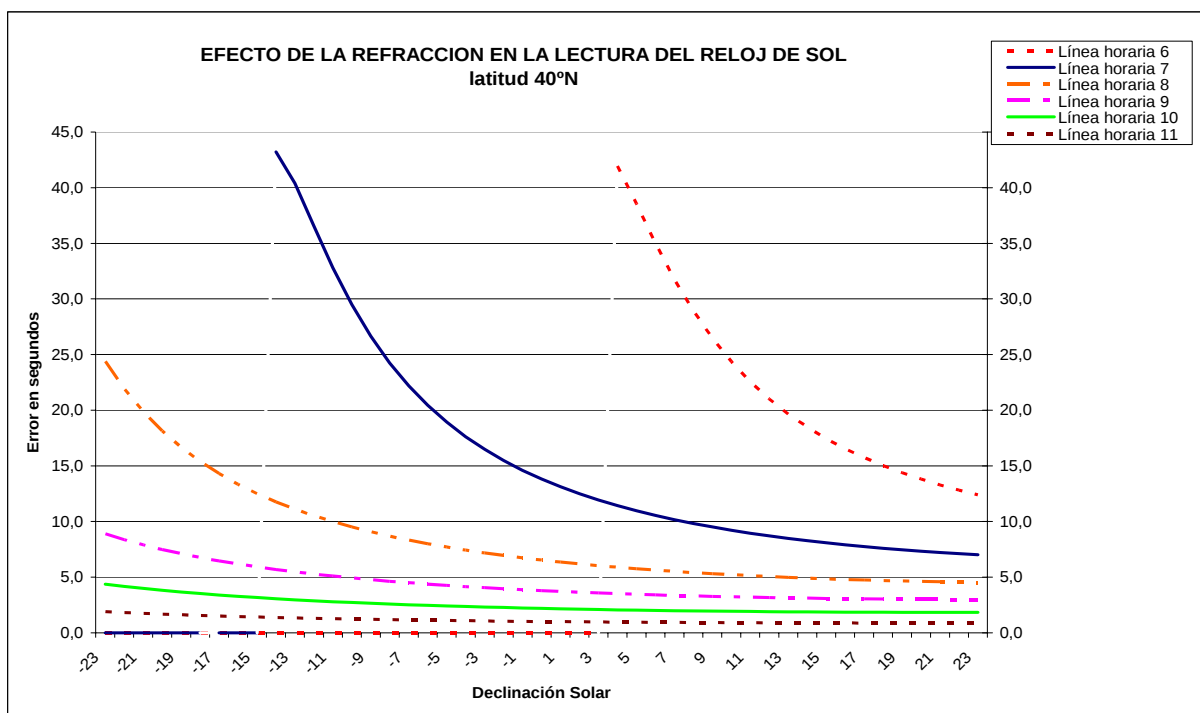


“Achatamiento” solar en el ocaso producido por la refracción atmosférica.

Foto obtenida en : <http://aporcel.wordpress.com/2006/12/26/el-sol-sobre-el-horizonte/>

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos para el error de lectura del reloj solar con ayuda de la ecuación (10). Se han calculado los valores de ΔH pasados a segundos de tiempo, para valores de H desde -120° a 120° y valores de δ desde -23° a 23° , para una latitud de $40^\circ N$ y alturas del sol mayores de 2° .

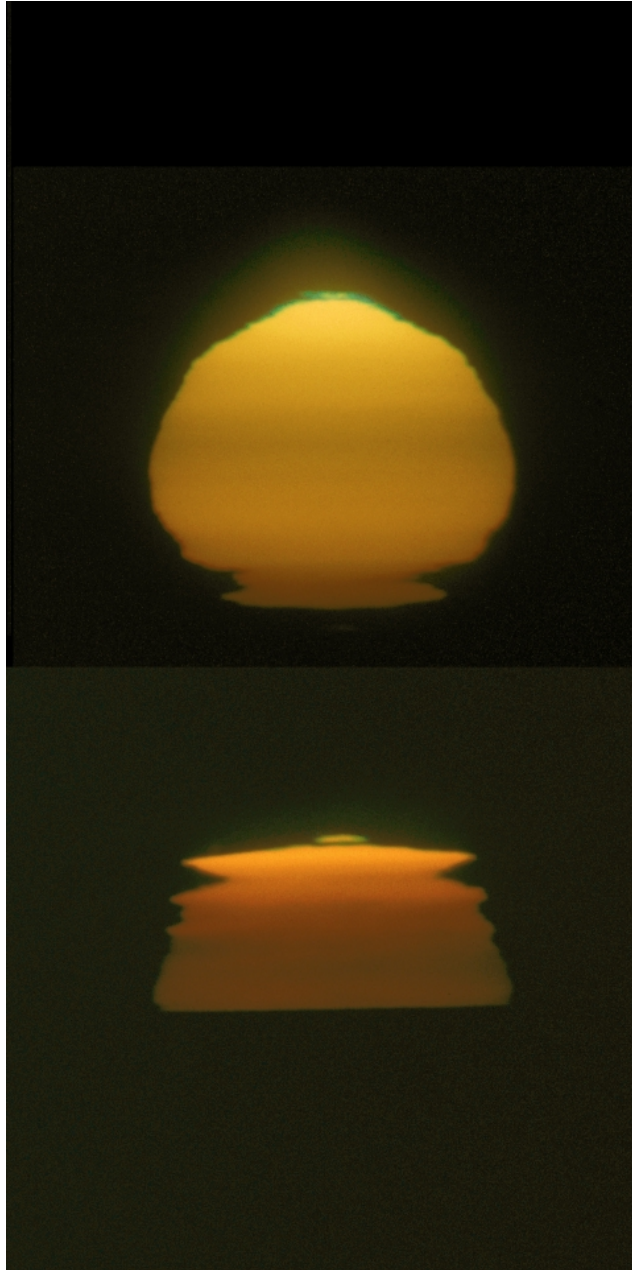
Dec.	Angulo Horario																	
	120	105	90	75	60	45	30	15	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
	Hora Solar																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
segundos de adelanto	segundos de atraso																	
-23	****	****	****	****	24,4	8,9	4,4	1,9	0,0	1,9	4,4	8,9	24,4	****	****	****	****	
-22	****	****	****	****	21,9	8,4	4,2	1,8	0,0	1,8	4,2	8,4	21,9	****	****	****	****	
-21	****	****	****	****	19,9	7,9	4,0	1,7	0,0	1,7	4,0	7,9	19,9	****	****	****	****	
-20	****	****	****	****	18,1	7,5	3,8	1,7	0,0	1,7	3,8	7,5	18,1	****	****	****	****	
-19	****	****	****	****	16,7	7,1	3,7	1,6	0,0	1,6	3,7	7,1	16,7	****	****	****	****	
-18	****	****	****	****	15,4	6,8	3,5	1,6	0,0	1,6	3,5	6,8	15,4	****	****	****	****	
-17	****	****	****	****	14,3	6,5	3,4	1,5	0,0	1,5	3,4	6,5	14,3	****	****	****	****	
-16	****	****	****	****	13,3	6,2	3,3	1,5	0,0	1,5	3,3	6,2	13,3	****	****	****	****	
-15	****	****	****	****	12,5	5,9	3,2	1,4	0,0	1,4	3,2	5,9	12,5	****	****	****	****	
-14	****	****	****	****	43,2	11,8	5,7	3,1	1,4	0,0	1,4	3,1	5,7	11,8	43,2	****	****	
-13	****	****	****	****	40,4	11,1	5,5	3,0	1,3	0,0	1,3	3,0	5,5	11,1	40,4	****	****	
-12	****	****	****	****	36,5	10,5	5,3	2,9	1,3	0,0	1,3	2,9	5,3	10,5	36,5	****	****	
-11	****	****	****	****	32,8	10,0	5,1	2,8	1,3	0,0	1,3	2,8	5,1	10,0	32,8	****	****	
-10	****	****	****	****	29,5	9,5	4,9	2,7	1,2	0,0	1,2	2,7	4,9	9,5	29,5	****	****	
-9	****	****	****	****	26,7	9,1	4,8	2,7	1,2	0,0	1,2	2,7	4,8	9,1	26,7	****	****	
-8	****	****	****	****	24,2	8,7	4,6	2,6	1,2	0,0	1,2	2,6	4,6	8,7	24,2	****	****	
-7	****	****	****	****	22,2	8,3	4,5	2,5	1,2	0,0	1,2	2,5	4,5	8,3	22,2	****	****	
-6	****	****	****	****	20,4	8,0	4,4	2,5	1,1	0,0	1,1	2,5	4,4	8,0	20,4	****	****	
-5	****	****	****	****	18,9	7,7	4,3	2,4	1,1	0,0	1,1	2,4	4,3	7,7	18,9	****	****	
-4	****	****	****	****	17,6	7,4	4,2	2,4	1,1	0,0	1,1	2,4	4,2	7,4	17,6	****	****	
-3	****	****	****	****	16,5	7,2	4,1	2,3	1,1	0,0	1,1	2,3	4,1	7,2	16,5	****	****	
-2	****	****	****	****	15,5	7,0	4,0	2,3	1,1	0,0	1,1	2,3	4,0	7,0	15,5	****	****	
-1	****	****	****	****	14,6	6,7	3,9	2,2	1,0	0,0	1,0	2,2	3,9	6,7	14,6	****	****	
0	****	****	****	****	13,8	6,5	3,8	2,2	1,0	0,0	1,0	2,2	3,8	6,5	13,8	****	****	
1	****	****	****	****	13,1	6,4	3,7	2,2	1,0	0,0	1,0	2,2	3,7	6,4	13,1	****	****	
2	****	****	****	****	12,5	6,2	3,6	2,1	1,0	0,0	1,0	2,1	3,6	6,2	12,5	****	****	
3	****	****	****	****	11,9	6,0	3,6	2,1	1,0	0,0	1,0	2,1	3,6	6,0	11,9	****	****	
4	****	****	****	****	41,9	11,4	5,9	3,5	2,1	1,0	0,0	1,0	2,1	3,5	5,9	11,4	41,9	
5	****	****	****	****	38,6	11,0	5,8	3,5	2,0	1,0	0,0	1,0	2,0	3,5	5,8	11,0	38,6	
6	****	****	****	****	35,0	10,5	5,6	3,4	2,0	0,9	0,0	0,9	2,0	3,4	5,6	10,5	35,0	
7	****	****	****	****	31,7	10,2	5,5	3,4	2,0	0,9	0,0	0,9	2,0	3,4	5,5	10,2	31,7	
8	****	****	****	****	28,9	9,8	5,4	3,3	2,0	0,9	0,0	0,9	2,0	3,3	5,4	9,8	28,9	
9	****	****	****	****	26,5	9,5	5,3	3,3	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,3	5,3	9,5	26,5	
10	****	****	****	****	24,4	9,2	5,2	3,2	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,2	5,2	9,2	24,4	
11	****	****	****	****	22,6	8,9	5,1	3,2	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,2	5,1	8,9	22,6	
12	****	****	****	****	21,0	8,7	5,1	3,2	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,2	5,1	8,7	21,0	
13	****	****	****	****	19,7	8,5	5,0	3,1	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,1	5,0	8,5	19,7	
14	****	****	****	****	18,5	8,3	4,9	3,1	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,1	4,9	8,3	18,5	
15	****	****	****	****	17,5	8,1	4,9	3,1	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,1	4,9	8,1	17,5	
16	****	****	****	****	16,5	7,9	4,8	3,1	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,1	4,8	7,9	16,5	
17	****	****	****	****	15,7	7,7	4,7	3,0	1,9	0,9	0,0	0,9	1,9	3,0	4,7	7,7	15,7	
18	****	****	****	****	15,0	7,6	4,7	3,0	1,8	0,9	0,0	0,9	1,8	3,0	4,7	7,6	15,0	
19	****	****	****	****	14,4	7,5	4,7	3,0	1,8	0,9	0,0	0,9	1,8	3,0	4,7	7,5	14,4	
20	****	****	****	****	13,8	7,3	4,6	3,0	1,8	0,9	0,0	0,9	1,8	3,0	4,6	7,3	13,8	
21	****	43,2	13,3	7,2	4,6	3,0	1,8	0,9	0,9	0,0	0,9	1,8	3,0	4,6	7,2	13,3	43,2	
22	****	39,7	12,8	7,1	4,6	3,0	1,8	0,9	0,9	0,0	0,9	1,8	3,0	4,6	7,1	12,8	39,7	
23	****	36,1	12,4	7,0	4,5	3,0	1,8	0,9	0,9	0,0	0,9	1,8	3,0	4,5	7,0	12,4	36,1	



5 CONCLUSIONES

Como se puede apreciar del análisis de la tabla y gráfico presentados, es en las horas extremas del día, cuando se tiene el mayor error, que en ningún caso llega a superar el minuto de tiempo. Entre las 9 de la mañana y las 3 de la tarde el error máximo en la lectura horaria del reloj por efecto de la refracción es menor de 9 segundos en el equinoccio de invierno y va disminuyendo hasta quedar en 3 segundos en el equinoccio de verano, siendo inferior a 2 segundos durante todo el año en las horas centrales del día.

Con todo esto, podemos concluir como hemos empezado, afirmando que **la refracción atmosférica es despreciable en la lectura horaria de los relojes de sol**, pero eso si, con un poco mas de conocimiento.



Refracción atmosférica y “rayo verde”.

Foto obtenida en: <http://mintaka.sdsu.edu/GF/papers/JOSA/GF-vis.html>

Métodos andalusíes no solares de medición horaria

Por Esteban Martínez Almirón

La búsqueda de métodos precisos para la medición del tiempo es una constante a lo largo de todo el período en que los árabes permanecieron en la península. Pero ¿por qué era necesaria la medición horaria en época andalusí y cuáles fueron los medios que utilizaron para ello?

La existencia de fragmentos de antiguos cuadrantes solares contruidos por ellos o la observación de algunos de los magníficos astrolabios y azafeas que han logrado conservarse, nos ha dado pie para intentar esbozar unas líneas que pretenden dar respuesta a ambas preguntas. Y también dos han sido los motivos principales que hemos encontrado para explicar el inusitado interés andalusí por la medición del tránsito horario, uno de origen religioso y otros de índole meramente civil y práctico.

El islam establece cinco rezos diarios asociados a determinados momentos que son definidos por la situación del Sol, la Luna o las estrellas: para el momento exacto del mediodía, el comienzo de la noche y del día, así como para el inicio del periodo mensual era necesario el desarrollo de una ciencia astronómica de fundamento religioso, conocida como *miqat*, que necesariamente se nutrió de expertos matemáticos y astrónomos.

En cuanto a los motivos civiles, podríamos pensar en la necesaria repartición de los tiempos de riego, regulados por relojes de sol, de los que por desgracia no nos ha llegado ninguna evidencia cierta si bien alguna presencia de cuadrantes en balsas de riego, posiblemente herederas de anteriores prácticas, similares a las que aún hoy han logrado perpetuarse co-

mo en el caso de los sistemas de irrigación de Aflaj, en Omán, (Golfo Pérsico)¹.

La dependencia de los instrumentos astronómicos de la bondad del clima o de las circunstancias particulares de un determinado momento, ausencia de luz diurna, cielo nublado –diurno o nocturno- coadyuvó a la investigación acerca de otros métodos sustitutivos o complementarios de aquéllos, en función de la circunstancias o el interés.

Aunque son varios los ejemplos encontrados en que se refieren a otros sistemas de obtención de la hora, que van desde complejas máquinas (en el siglo IX) hasta norias hidráulicas que giraban con determinado y constante ritmo, pasando por clepsidras de gran precisión, ya desde el primer momento se tiene constancia de la utilización de relojes por los antiguos andalusíes, encontrando un primer caso en el siglo IX, durante el reinado de ‘**Abd al-Rahman II** (821-853), en el que el poeta y cortesano **Yahya ibn Habib**, era conocido como *Sahib al-munayqila*, u *hombre del relojito*, posiblemente por ser el portador o constructor de una clepsidra².

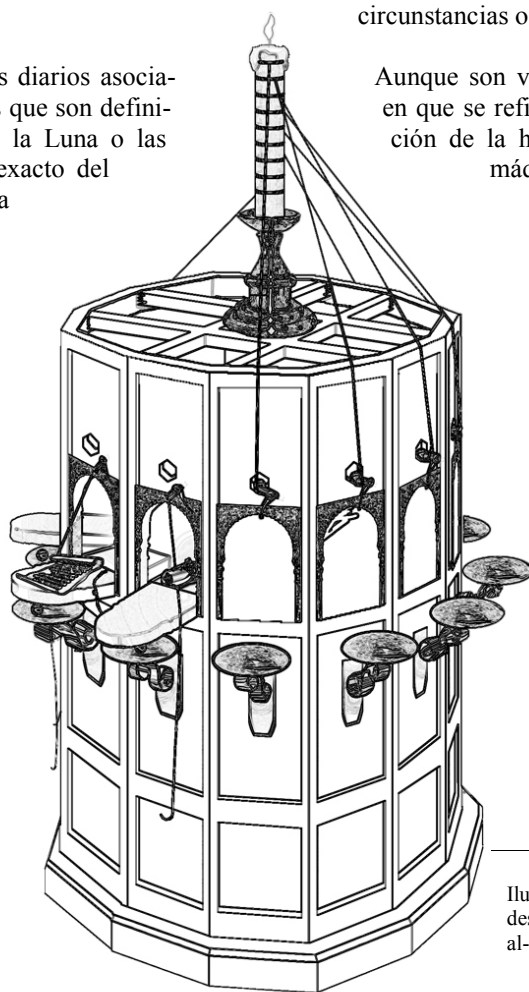


Ilustración de un reloj de vela descrito por el historiador andalusí Ibn al-Jatib

¹ Se trata de un conjunto de unos 3.000 sistemas de riego que aún hoy conservan los cuadrantes solares utilizados en la distribución de tandas, que han sido inscritos en 2006 en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO.

² Las Ciencias de los antiguos en al-Andalus. Julio Samsó. Edit. MAPFRE. 1992. Pg. 56

RELOJES ANAFÓRICOS

En el siglo IX **Abas ibn Firnás** (m.887) trabajó al servicio de los emires **Abd 'al-Rahman II** y **Muhammad I** (852-886) e influenciado por las ciencias orientales, fue constructor de varios artificios o máquinas automáticas, entre ellas una, un **reloj anafórico**, en el que mediante clepsidras o relojes de agua de flujo constante, era posible el conocimiento de la hora. En ella, que fue regalada al emir **Muhammad I**, figuró la siguiente inscripción de cuyo contenido se deduce la existencia de relojes de sol y otros instrumentos astronómicos en su época y confirma los orígenes religiosos de la terminación horaria.

“¿Acaso no soy para la religión el mejor instrumento?”

*Si desconocéis el momento de la oración,
Si no veis lucir el Sol durante el día ni brillar
Las estrellas en la noche de negras tinieblas
pues*

*La buena estrella del emir de los musulma-
nes, Muhammad*

Da a conocer el momento de la oración.”

La creación de autómatas que ofrecieran datos horarios o astronómicos continuó en el tiempo ya que probablemente a finales del siglo X o principios del XI, el autor andalusí **Ahmad** o **Muhammad b. Salaf al-Muradi** escribió el *Kitab al-asrar fi nata'y al afkar*, Tratado sobre autómatas en el que se describe una máquina que calcula la fecha del equinoccio de primavera³.



En dicho tratado, que fue copiado por **Rabi çag** (Isaac ben Sid) quien trabajó en el siglo XIII en la corte de **Alfonso X**, se describen unos automatismos de los que, a pesar de los textos, no se ha podido realizar una reconstrucción completa, máquinas que funcionaban utilizando como fuerza motriz el agua y el mercurio, líquidos que son vertidos regularmente sobre juegos de balanzas que abren y cierran válvulas que dan paso a diferentes líquidos.

Las *minkan*as son utilizadas como autómatas o como juguetes y, si se utilizan para dar la hora, de día y de noche, como en el caso del construido por **Ibn Firnás**, como relojes anafóricos.

CLEPSIDRAS

El siguiente referente escrito sobre un sistema no astronómico de medición temporal en época musulmana nos fue transmitido por **Al-Zuhri** (m. hacia 1147) y **al-Maqqari**, quienes describieron la clepsidra⁴ del astrónomo **Abu Ishak Ibrahim ibn Yahya al-Zarqalluh**, (1029-1100) conocido como **Azarquiel** y para la que se basó en la existente en la ciudad india de Arín que señalaba las horas por medio de unas manos o aspas, desde que salía el Sol hasta que se ponía por el horizonte y que, debido a la latitud geográfica de dicha ciudad, daba las horas con la misma duración a lo largo de todo el año.

A las afueras de Toledo, en el lugar conocido como Puerta de los Curtidores, **Azarquiel** construyó dos grandes estanques que le permitirían saber no sólo la hora del día o de la noche, sino incluso la edad de la

Luna, ya que se llenaban o vaciaban en función de la fase creciente o menguante de la propia Luna. En el novilunio el agua fluía al otro estanque por “tuberías ocultas”

En las navegaciones por el Mediterráneo, el control del tiempo y el espacio mediante instrumentos -ecuadorios, azafes, sexagenarios, ampolletas y nocturlabios, además de la brújula, cuya más antigua alusión se hace unos versos hispano-árabes del 854- permitió a los árabes unos rápidos avances en sus conquistas y una mejor posición en la defensa de los territorios.

Reproducción parcial del mapamundi de al-Idrisi. Siglo XII.

³ Las Ciencias de los antiguos... pg. 249-257.

⁴ La Ciencia en al-Andalus. Juan Vernet. Edit. Andaluzas Unidas, S.A. 1986. pg. 112-114

hasta que en el quinceavo día, ambos estanques quedaban llenos de agua por la mitad. A partir de esa fecha el agua seguía fluyendo a razón de un séptimo de su contenido diariamente de tal suerte que al cabo de los veintinueve días ambos estanques quedaban totalmente vacíos.

La obra construida por **Azarquiel** superó a la de la ciudad de Arín ya que en Toledo, al contrario que en aquella ciudad, la duración de los días no era igual a la de las noches a lo largo de todo el año. La clepsidra de Toledo, que reproducía fielmente dicha diferencia horaria fue fatalmente destruida en 1134 al tratar de desmontarla el astrónomo judío **Hamis ben Zabara**, quien, con permiso del Rey de Toledo, intentaría sin éxito, averiguar los mecanismos que conseguían su correcto funcionamiento.

NOCTURLABIOS

En el siglo XIII **Ramón Llull** (1232-1316) describe el uso del nocturlabio de la misma forma a como **Pedro de Medina** lo hace en su *Regimiento de la Estrella Polar* tres siglos más tarde. Sin embargo ya en el siglo X, se utiliza este instrumento para el conocimiento de la hora nocturna en el siglo X, como se recoge en el *Manuscrito de Chartres*, escrito en el siglo XII. A pesar de no conservarse ningún escrito árabe que lo describa, funda-



mentalmente debido a que la utilización de avances científicos en las naves suponían cierta ventaja en las conquistas, es de suponer que ya en época musulmana eran utilizados en la navegación.

No obstante en el *Kitab al-Hay'a*,⁵ manuscrito conservado en el ms. Istambul Carrullah y

atribuido al autor cordobés **Qasim ibn Mutarrif al-Qattan** (m. 915?), figura por primera vez documentado un método para la determinación de la hora nocturna que bien podría tratarse del primer antecedente de los nocturlabios. En el documento se divide el recorrido lunar por el mapa celeste nocturno en doce “mansiones” en la que en cada una permanece la luna una noche al mes, de manera similar a como se describe en otros documentos andalusíes. Pero lo novedoso en este caso es que acompaña un diagrama móvil en el que aparecen reflejadas las “mansiones” lunares y los signos zodiacales que giran sobre un fondo del cielo nocturno dividido en doce horas, pudiendo tratarse de una primigenia presentación del posterior nocturlabio.

AMPOLLETAS

El secreto para conseguir que el vidrio con el que eran fabricados los relojes de arena no se alterara con el transcurso del tiempo y las inclemencias meteorológicas, sólo lo tenían desde el siglo X artesanos vidrieros egipcios y catalanes⁶. A pesar de la dificultad que ello conllevaba, por el celo en la conservación de dicha técnica, en las prácticas navegatorias árabes las ampolletas debieron ser utilizadas con profusión⁷ llegando a desarrollar la técnica al introducir el uso del mercurio en lugar o a la vez de la arena.



Ampolleta náutica. Exposición “El mundo de las las Ciencias en al-Andalus”. Fundación La Caixa.

NORIAS

Para ver un nuevo ejemplo de medición de tiempo acudiremos a la ciudad magrebí de Fez⁸ donde por encargo del sultán meriní **Abu Yusuf al-Mansur** (1258-1286), fue construida una gran noria en el siglo XIII. No queda suficientemente claro si el autor de ella fue el sevillano **Muhammad ibn al-Hadjdjn**, (m. 1314) o su padre, carpintero mudéjar, pero en cualquier caso sí se tiene constancia que fue

⁵ Comentado y traducido por Josep Casulleras en “Descripción de un cuadrante solar atípico en el occidente musulmán”. Revista al-Qantara XIV 1993 pg. 68.

⁶ Descripción... pg. 65-86.

⁷ La Ciencia ... pg. 138.

⁸ Las Ciencias de los antiguos... pg. 442

realizada por uno de ellos siguiendo el modelo de la noria existente en la China del siglo XI que fue construida por **Su-Sung**, y que según la descripción realizada por **León el Africano** (1488-1554), sólo giraba 24 veces al día. Estamos quizás ante un posible reloj que utilizaría la fuerza hidráulica para su funcionamiento, pero en este sentido ni **Ibn al-Jatib** que es quien en su *Ihata*, describe este hecho, ni el propio León Africano nos aclara definitivamente el funcionamiento de la Noria, por lo que, mientras no se demuestre lo contrario, estamos ante una simple especulación en el terreno de la medición del tiempo por medios mecánico-naturales.

RELOJES DE CANDELA

En el *Kitab al-Hay'a*, ya comentado en el caso del nocturlabio, viene descrita asimismo una *turayya*, o reloj de candelera, que consta de doce candiles de vidrio dotados de mechas de algodón, en cada uno de los cuales es introducida una cantidad de aceite tal que se consumiría, en el primero de ellos, transcurrida una hora, en el segundo, transcurrida la segunda y así sucesivamente. En el manuscrito se describe asimismo la cantidad de aceite necesaria para conocer, por su consumo, el transcurso de una hora nocturna para todas las noches del año.

RELOJES DE VELA

En la época nazarí debieron utilizarse con asiduidad las velas para la obtención de la hora nocturna. Son dos los casos documentados que nos han llegado. En el primero de ellos⁹, según el historiador **Ibn al-Jatib**, a comienzos del siglo XIV **Muhammad III**, hizo fabricar grandes cirios¹⁰ que, mediante



Reloj de vela.
Exposición "Yo, el
Rey Alfonso X el
Sabio". Lorca.
Fortaleza del Sol.
Abril 2007 a Enero
2008.

Foto: Anto-
nio.J.Cañones.

convenientes marcas, señalarían "*las horas nocturnas y de las partes de la noche*". Las continuas vigili-
as en las que el monarca trabajaría apegado a las
luces modestas luces nocturnas fue la principal causa
de la enfermedad crónica en los ojos que padeció.

Pero el más espectacular, si se nos permite la expresión es el que fue realizado con motivo de la reposición en el trono de **Muhammad V**, **Ibn al-Jatib** nos relata un segundo caso¹¹, el de un aparato que sólo fue utilizado para la determinación de las horas nocturnas, en la noche del 30 de diciembre de 1362, con motivo de la celebración del nacimiento del profeta (mawlid). La *mankana*¹² consistía básicamente en un prisma dodecagonal de madera de 1,70 m. de altura aproximadamente, con doce ventanas y un pestillo en cada una de ellas que impedía el paso de una bola de cobre presa en su interior. Sobre el *minkan* se había dispuesto un gran cirio del que, a diferentes alturas, colgaban doce cordeles que unían con cada

una de los
pestillos que
eran abiertos,
y por tanto
daban paso a
las bolas con-
tenidas, cuando el consumo
de la vela



Esquema de
reloj de vela .
Exposición
"El mundo de
las las Ciencias
en al-Andalus".
Fundación La
Caixa.

Últimas instala-
ciones en Gan-
día, Granada y
Pamplona.

llegaba por el tiempo transcurrido al respectivo cor-
del, quemándolo y liberándolo del cirio. Esa noche,
al transcurso de cada hora la respectiva bola, con su
caída, hizo un ruido especial al caer sobre cada uno
de los platillos situados en el contorno del aparato, a
la vez que en la ventana abierta se mostraba un pe-
queño billete conteniendo unos versos alusivos a la
hora transcurrida –escritos por el propio Ibn al-Jatib-

⁹ Foco de antigua luz sobre la Alhambra. Emilio García Gómez. Instituto Egipcio de Estudios Islámicos. Madrid 1988. pg.95

¹⁰ La obtención de la hora mediante velas y candiles de aceite, ya era de utilización habitual por los monjes en la alta Edad Media.

¹¹ Comentado por el historiador Ibn al-Jatib en un texto incluido en su obra *Nufadat al-yirab fi'ulalat al-igirab* (Sacudida de alforjas para entretener el exilio), que fue editado, traducido y comentado por Emilio García Gómez en *Foco*

¹² Así eran designados en el mundo árabe, especialmente en el Magrib, los viejos horologios o máquinas horarias

que eran entregados para su lectura.

Se tiene constancia de otros relojes árabes antiguos, Madraza Mustansiriyya de Bagdad (S. XIII), el descrito a finales del siglo XII, por el viajero andaluz Ibn Yubayr de la Mezquita mayor de Damasco, el de la Mezquita Qarawiyyin de Fez o el posiblemente existente junto a la Kutubbiyya de Marrakus, de tiempos almohades. Existen descripciones de otras *mankanas* utilizadas en la celebración del Natalicio de Mahoma (*mawlid*) en Fez y Tremecén y aún de otros mecanismos bizantinos, antecesores de éstas, como los existentes en Antioquía, Constantinopla o en la isla de Malta. En todas estas maquinarias, la hora era obtenida gracias a la intervención de mecanismos movidos por fuerza hidráulica y era ofrecida, sonoramente, por el ruido producido por el impacto de bolas que eran depositadas en platos o cubetas

tras el transcurso de un determinado lapso temporal y en ocasiones con iluminación de orificios o *mih-rabs*¹³. Por ello, en el caso granadino, existe una diferencia que la separa del resto y del que no se conoce parangón, y es la forma en que la hora era determinada, sólo mediante un gran cirio. Indudablemente un método original y barato.

Máquinas-autómatas, clepsidras, ampolletas, nocturlabios, norias y *mankanas*, artefactos unos perfectamente documentados, otros supuestos... Todo un legado que junto a relojes de sol, astrolabios y azafeas se constituyeron en el corpus en que descansaría la ciencia de la medición del tiempo en las culturas árabe y occidental, coetáneas y las de siglos venideros.

Imagen de *cámara oscura*, del *Mawlid* celebrado el 30 de diciembre de 1362 en la Alhambra de Granada, en el que en primer término destaca el horologio descrito por Ibn al-Jatib.



¹³ Aun quedan restos de la *mankana* construida en Fez hacia 1357 bajo el reinado de Abu 'Inan, por Abu-l-Hasan 'Ali b. Ahmad Tilimsani, Ibn al-Fahham, que fue instalada en la Madraza Bu 'Inaniyya, del que aún se ven trece cubetas de cobre sobre ménsulas de cedro, con doce huecos. Este dato y los siguientes de este párrafo vienen recogidos por Emilio García Gómez en Foco...

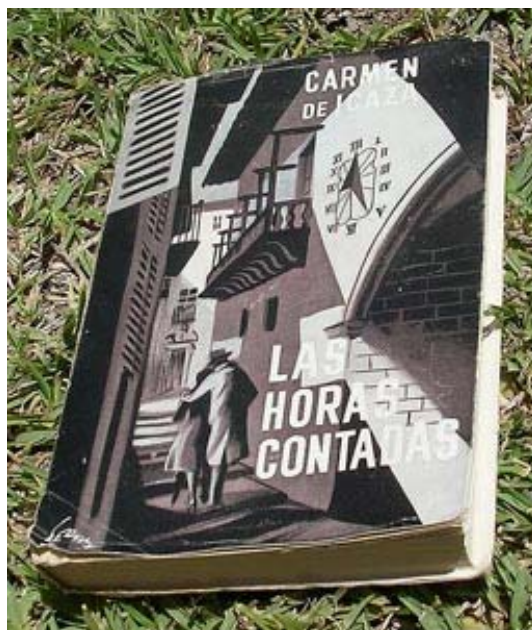
LAS HORAS CONTADAS

Por Antonio Cañones Aguilar

Uno no sabe bien si es el destino, la casualidad o el interés que se tiene por el tema gnomónico, pero la realidad es que cuando menos te lo esperas tropiezas con algo que te lo recuerda. Es lo que nos pasó hace un par de meses cuando paseaba tranquilamente por la calles de Madrid acompañado de Jacinto del Buey. Nos paramos ante el escaparate de una librería “de viejo” y allí estaba el libro que da título a este artículo.

Se trata de la obra “Las horas contadas” de la novelista española Carmen de Icaza publicada en Madrid en el año 1953.

Carmen de Icaza nace en Madrid en 1899 (o 1904, según biografías) y muere en 1979. Era hija del poeta y académico mexicano Francisco A. de Icaza, a la sazón embajador de su país en Madrid. Durante su infancia y juventud vive en diversas ciudades europeas, especialmente en Berlín, donde recibirá una esmerada educación en lenguas clásicas y modernas. A partir de 1925, tras la muerte de su padre, empieza a colaborar en diversos diarios como El Sol, ABC, Blanco y Negro y Ya, de cuya redacción pasará a formar parte en 1935. A los veintinueve años se casa con Pedro Montojo Sureda con quien tiene una hija. Cuando llega la Guerra Civil participa, en octubre de 1936, en la fundación de Auxilio Social. Durante dieciocho años ostentará el cargo de Secretaria Nacional.



La producción novelística de diecisiete años con *La boda del duque* Valeria León, se publica como novela título de *Taliaen* en 1950. En 1935 *idiomas* que aparece por entregas en ya en forma de libro, en agosto de publicada en 1941 y otras novelas *vuelve* (1945), *La fuente enterrada* **contadas** (1953) y su última obra, *La* sus novelas han sido adaptadas al cine.



Carmen de Icaza se inicia a los *de Kurt* que, bajo el seudónimo de completa en 1935 y se reedita con el escribe *Cristina Guzmán*, *profesora de Blanco y Negro* a comienzos de 1936 y, 1936. Le seguirán *Soñar la vida* como *Vestida de tul* (1942), *El tiempo* (1947), *Yo, la reina* (1950), **Las horas** *casa de enfrente* de 1960. Algunas de

La novela no tiene ninguna referencia a reloj de Sol alguno y es un ejemplo de la literatura de posguerra española dentro del género de la novela rosa. La acción se desarrolla en la isla de Mallorca y presenta a una heroína de clase humilde que accede a la clase dominante y que por medio del amor busca liberarse de una sociedad sofocante.

Las únicas referencias a relojes son las siguientes:

El reloj d'En Figuera, amo y señor de las horas de la ciudad, que las marcaba sin gran compromiso de exactitud por su parte –en su esfera figuraba

bien claro el rótulo de “Tiempo medio”-, rodaba, calmoso, sus manillas. Días, semanas, años,.....

Y

“Las tertulias de su suegra llegaron a parecerle también como uno de esos relojes de los viejos Burgos germánicos, cuyas figuras de madera dan vueltas y vueltas a los sones de una pueril y anticuada musiquilla”.

Y llegamos al verdadero motivo de este artículo que no es otro que el reloj de Sol que aparece en la portada del libro. Lo cierto es que el ilustrador tuvo mas voluntad que conocimiento pues el tal cuadrante no puede estar peor :

- La distribución de las horas son perfectas..... para un reloj mecánico.
- El gnomon está en el centro del cuadrante en lugar de en la parte superior.
- La inclinación del gnomon podría valer para una población muy muy al Norte de Europa, pero nunca para Mallorca.
- El lío de sombras del dibujo es tremendo. Si el dibujante las llega a pintar como correspondería, según otras partes del dibujo, el reloj estaría en sombra.



No hay en el interior del libro ninguna referencia al nombre del ilustrador de la portada. Lo único es la firma que figura en la esquina inferior izquierda y que me resulta completamente ilegible. La reproduzco a continuación por si alguien tiene la capacidad de descifrarla y comunicárnoslo.



Antonio J. Cañones Aguilar
relojdesol@gmail.com
Cabo Roig (Alicante), agosto 2007

Carpe Diem

Nº 24 Edición trimestral

Revista de gnomónica

Diciembre 2007

La primera revista digital de gnomónica en español
Joan Serra Busquets

POEMA GNOMÓNICO

Por Antonio Barceló

LA MERIDIANA

**Perenne está a mitad de la jornada
en pura referencia al mediodía,
clarísima es su luz, luz meridiana
que esclarece la exacta geometría.**

**Puntual a la hora de las doce,
el cuadrante solar, en armonía
con el tiempo partido en dos mitades,
nos ofrece “la hora” cada día.**

**Vara del caminante, Sol y sombra
en perfecta visión y exacta guía,
la “meridiana” , en incansable guardia,
es centinela fiel de Astronomía.**

- - -

© Antonio Barceló R. - 2005