vocó en unos 5 años
c530 - Procopio (ca.490-ca.562), historiador griego, describe una clepsidra monumental en Gaza (Siria) con mecanismos de sonería y autómatas (Chapuis 1928, p. 52)
c530 - Benito de Nursia promulga la regla monástica (534-550) donde sistematiza las horas para el cumplimiento de los deberes religiosos (Benet 1997)
c550 - Primera referencia literaria sobre una clepsidra de hundimiento de origen hindú (Turner 1984, p 10)
c580 - Gregorio de Tours (538-594) escribe De cursu stellarum (Los caminos de las estrellas) que da a los monjes pautas para el cumplimiento correcto de las plegarias nocturnas.
VI - Juan Filopón de Alejandría, el Gramático (ca.490-ca.570), escribe un tratado del astrolabio (Segonds 1981)

Bibliografía

ALFOLDY, GEZA (1975): Die römischen Inschriften von Tarraco. Instituto Arqueológico Alemán, pàg. 232, núm 435, làm. 12-19
ATTALI, JACQUES (1985): Historias del tiempo. México: Fondo de Cultura Económica
BARNETT, JO ELLEN (2000): El péndulo del tiempo. Barcelona, Ed. Península
BEDINI, SILVIO A. (1963): The scent of time. "Transactions of the American Philosophical Society" Vol 53, part 5, Aug
BENET DE NÚRSIA (1997): Regla per als monjos. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat
CHAPUIS, ALFRED - GÉLIS, EDOUARD (1928): Le Monde des Automates. (2 vol.) Paris
DOHRN-VAN ROSSUM, GERHARD (1997): L'histoire de l'heure. Paris: Editions de la Maison des Sciences de l'Homme
FARRÉ OLIVÉ, EDUARD (1999): Rellotges de sol de la Catalunya romana. "La Busca de Paper" n. 33, Gen-Abr, p. 18-24
FARRÉ OLIVÉ, EDUARD (1999): Relojes de sol de la Hispania Romana. "Arte y Hora" n. 134H17, May-Jun, p. 10-17
FAVERO, ENRICO DEL (2008): Làpides romanes que ens parlen de rellotges de sol. "La Busca de Paper" n. 61, Tardor, p. 8-14
FIELD, J.V. - WRIGHT, M.T. (1985): Gears from the byzantines: a portable sundial with calendrical gearing; "Annals of Science" vol 42, p 87-138. Reprinted in: FIELD, J.V.-HILL, D.R.-WRIGHT, M.T. (1985): Bizantine and arabic mathematical gearing; London: The Science Museum
GARCIA FONT, JUAN (1980): Historia de la ciencia. Barcelona, Ed. Danae
LIPPINCOTT, KRISTEN (2000): El tiempo a través del tiempo. Barcelona, Ed Grijalbo
RAYA ROMAN, JOSE M. (1989): Los cuadrantes solares en la arquitectura. Sevilla: Junta de Andalucía
SCHIAPARELLI, JUAN V. (1945): La astronomía en el Antiguo Testamento. Col. Austral. Ed Espasa-Calpe Argentina, Buenos Aires México
SEGONDS, A. P. (1981): Jean Philopon: Traité de l'Astrolabe. Paris: Ed. Société Internationale de l'Astrolabe
TARDY: Du gnomon a la montre. Paris, Ed. Tardy
TEMPLE, R.K.G. (1987): El genio de China. Madrid-Barcelona: Ed. Debate-Círculo
TURNER, A.J. (1984): Water-clocks, sand-glasses and fire-clocks. Rockford, USA
TURNER, A.J. (1985): The Time Museum. Astrolabes, Astrolabe related instruments. Rockford, USA
TURNER, A.J. (1990): Time; The Hague

Idea y realización en Bremen (53,7º norte) de un reloj de sol islámico vertical moderno

Originalmente, mi intención era construir un reloj de sol para la pared de la Mezquita Fatih, en Bremen (fig. 1). Era una idea que me resultaba muy atractiva. Durante la construcción del minarete de esta mezquita en 1998, hice muchas fotografías y más tarde creé un enlace en mi web http://www.ta-dip.de/fatih-moschee.html donde quedaron expuestas. Este enlace pronto se convirtió en el más popular de mi web, visitado miles de veces! Esto me animó a proponer la idea del reloj de sol a algunos responsables de la mezquita, por lo cual inicié el estudio sobre la declinación de los muros (fig. 2).
Desgraciadamente, la congregación de esta mezquita no mostró ningún interés por el proyecto, a pesar de que esperé varios años por si se producía un cambio de opinión.
Un poco decepcionado, decidí construir este reloj de sol islámico para mí mismo. Cuando Gianni Ferrari me informó sobre sus cálculos de un reloj de sol Otomano para unos amigos suyos del norte de Italia, me atreví a pedirle si él podría también calcular uno para mi casa, en la calle Kopernikusstrasse de Bremen. La respuesta de Ferrari fue por descontado rápida y positiva! No solamente llegaron via internet los cálculos y dibujos, sino también gran cantidad de explicaciones, sugerencias y soporte (fig. 3).
Encargué inmediatamente cuatro copias de este dibujo. Monté una en un tablero provisional, fijado en un marco de madera, utilicé un antiguo triángulo de latón como gnomon de prueba, y dos tornillos, imitando los futuros conos, para las líneas de las plegarias. A continuación, lo colgué en mi balcón y dejé que el Sol marcara las deseadas sombras. Cuando hube comprobado que funcionaría bien, empecé a construir el reloj de sol definitivo.
En primer lugar, me hice cortar un tablero de madera resistente para exteriores y lo hice enmarcar. También encargué los conos de madera e intercambié ideas con el carpintero sobre posibles soluciones para la sujeción del estilo polar. Una vez dispuse del tablero, realicé un recubrimiento de pintura como protección y, una vez seco, lo cubrí con grandes hojas de papel de grafito y coloqué encima el dibujo original de Ferrari (fig. 4).
Una vez terminado, llevé de nuevo el cuadrante al carpintero a fin de insertar los conos ya pintados, y para decidir la construcción del largo estilo polar. Al otro lado de la calle hay un excelente herrero, que fue quien finalmente construyó e insertó en el tablero el estilo polar.
Con el cuadrante de nuevo en casa, pinté de color plateado los dos gnómones y añadí detrás del plafón los ganchos para poder fijarlo en mi balcón. El gran día fue el sábado 18 de abril 2010, y ahora mi cuadrante Otomano ya cuelga del balcón, y es un placer comprobar la precisión conque indica todos los valores deseados (fig. 5).
En la parte superior pueden verse dos "Naniflowers", como les llamo yo. Si alguien está interesado en obtener más información sobre este símbolo, que está presente en relojes de sol de diversos países, le invito a visitar mi web i clicar el enlace "From Naniflower to Hexafolia".
Para la descripción de la parte ténica y cálculos del reloj, a continuación se incluyen unas explicaciones detalladas a cargo de su autor, Giani Ferrari.

El reloj de sol Otomano de Bremen, por G. Ferrari
El reloj de sol "Otomano" que Reinhold Kriegler ha realizado sobre un gran panel, contiene todas las características de los antiguos cuadrantes solares que fueron construidos en las grandes ciudades del Imperio Otomano desde el 1400 hasta la mitad del siglo XIX, algunos de los cuales se pueden todavía admirar sobre los muros de las mezquitas de Estambul, en el interior de museos turcos y en la ciudad del Cairo.
Hasta donde llegan mis conocimientos, este reloj de Bremen es uno de los primeros cuadrantes solares verticales de tipo Otomano, construido en el mundo en los últimos 100 o 150 años, y que presenta esencialmente las líneas de plegarias del Islam. Con toda seguridad, es el único que se ha implantado más allá de los Alpes, en una localidad de latitud tan alta (53º 08'N).
Una vez terminada la construcción del instrumento, éste fue instalado sobre la fachada de declinación 26,47º Oeste de la casa donde vive Kriegler. Sus dimensiones son: 1250 x 1120 mm.
Del siglo XVII al siglo XIX, en Turquía y en los países musulmanes, las horas iguales de "tiempo verdadero" estaban ya en vigor y los relojes estaban instalados sobre inmuebles o torres. Los cuadrantes solares ya no estaban diseñados para leer la hora, sino solamente para indicar los instantes de inicio de los períodos en los cuales las plegarias de la religión islámica han de ser recitadas, instantes que no pueden ser indicados por relojes mecánicos (fig. 6).
Los cuandrantes solares más sencillos constan solamente de un gnomon horizontal y del trazado de la línea de plegaria de la tarde "Asr". Los más complejos disponen de hasta 4 a 5 estilos ortogonales, completados por un estilo polar, y constan de diferentes familias de líneas, a menudo superpuestas.
El instrumento diseñado por Kriegler en Bremen, contiene 3

cuadrantes solares diferentes y superpuestos. Cada uno dispone de su propio gnomon.

El primer quadrante solar

El primero es un cuadrante de "tiempo verdadero" que tiene, como gnomon, un estilo polar que sale del punto GO del tablero, pasando por el punto G1 hasta A, punto de apoyo de una varilla de soporte horizontal. La línea G1-A es, pues, la subestilar de este cuadrante (ver figura 3).

El estilo polar apoyado sobre el estilo ortogonal que sale de G1 (utilizado para el segundo cuadrante) tiene como consecuencia que la línea meridiana es común a los dos cuadrantes (fig. 7)

Este estilo forma un ángulo de 32.50º con el plano, y su proyección (línea subestilar) forma un ángulo de 18.49º en relación a la vertical (línea meridiana).

Sobre el tablero se ha dibujado la línea de mediodía (llamada Zawaal) y algunas líneas de tiempo verdadero.

La línea de mediodía está interrumpida i no se han dibujado todas las líneas horarias para no sobrecargar la parte central del tablero.

Debido a que la plegaria "Zuhr" tiene que ser recitada poco después de la hora de mediodía, este cuadrante indica cuantas horas faltan o cuantas ya han transcurrido desde este instante.

A causa de la declinación del muor, estos instantes van de 4 horas antes hasta 7 horas después del mediodía, y están indicados sobre el cuadro en forma de U que enmarca el tablero por graduaciones para cada hora, cada 20 minutos y cada 4 minutos (correspondientes a 15º, 5º y 1º de ángulo horario). Este cuadro en forma de U es una característica frecuente en muchos cuadrantes otomanos antiguos.

El segundo quadrante solar

El segundo cuadrante (fig. 8) tiene como "porta sombra" el estilo ortogonal plantado en el punto G1 (ver figura 3), casi en el centro del tablero. Su forma cónica recuerda aquella de los gnomones diseñados en los manuscritos árabes. La longitud de este estilo (138 mm en el cuadrante de Kriegler) estaba a menudo grabada o dibujada en un lado del cuadrante para poder restaurarlo fácilmente, si era objeto de un acto de vandalismo o de robo. En aquella época, esto se producía con relativa frecuencia debido al alto valor comercial del hierro.

El cuadrante consta de:

· A la izquierda: 4 líneas, espaciadas de 30 en 30 minutos, que indican el tiempo antes de la "plegaria Asr", y la propia línea de la plegaria. En los cuadrantes solares que se hallan en Estambul, las líneas están espaciadas en 5º de ángulo horario, es decir, cada 20 minutos.

· A la derecha: 5 líneas con intervalos de 30 minutos, que dan el tiempo que queda antes de la puesta de sol, es decir, el instante de la "plegaria Maghrib".

· En el centro: un segmento vertical utilizado para buscar la dirección de la Meca, es decir, la "Kibla" o "Qibla". Si el fiel mira hacia el Sol en el instante en que la sombra de la extremidad del gnomon cae sobre esta línea, entonces la Meca se halla exactamente a su izquierda (la Qibla de Bremen és a 49º Sud-Est).

· Se han trazado también las líneas de los Solsticios y de los Equinoccios.

El tercer cuadrante solar

El tercer cuadrante solar (fig. 9) tiene como elemento que proyecta la sombra el estilo ortogonal que sale del punto G2, en la parte inferior del tablero (ver figura 3). Su longitud es exactamente la mitad del gnomon situado en el punto G1, a saber: 69 mm.

Contiene solamente tres líneas:

· La línea del segundo "Asr", que marca los términos del período en el cual esta plegaria ha de ser recitada.

· Una línea que indica que quedan todavía 6 horas antes del instante del fin del crepúsculo vespertino, cuando el Sol es encuentra 18º bajo el horizonte y es pues el instante de la "plegaria Isha".

· Una línea que indica que quedan todavía 14 horas antes del instante del crepúsculo matutino, "cuan la noche cesa", y que corresponde a la "plegaria Fajr". Esta línea ha sido calculada para una altura del Sol de 18º bajo el horizonte.

Las dos últimas líneas son incompletas debido a la alta latitud de Bremen, donde el Sol no alcanza más que 13.4º bajo el horizonte en período de verano.

Tablas de insolación de espacios

En el encuentro organizado por la SCG en Besalú en 2007 el autor presentó la comunicación INSOLACIÓN DE CUADRANTES, con sus tablas, que permite conocer las horas de insolación de un cuadrante (en realidad de cualquier objeto situado en un punto del espacio) como consecuencia de la sombra que le arroja su propio edificio o la de otros fronteros.

La deducción, más desarrollada, de la fórmula utilizada y las tablas de horas verdaderas de inicio o fin de insolación, en solsticios y equinoccios, para declinaciones de aleros o fachadas de 0º a 180º y horas de sol rasante para latitudes de 0º a 70º N, fueron publicadas en CARPE DIEM en el nº 25 de marzo de 2008. Se trata ahora aquí sólo de exponer la aplicación de las tablas con un ejemplo que ilustra un posible modo de proceder, no sin antes indicar cuales son las diversas causas de pérdida o ausencia de insolación.

Fórmula de aplicación.-

$\cos\varepsilon = [EF (+/-) D (D2 + E2 - F2)1/2] / (D2 + E2)$ donde:

$D = k \cos\alpha \operatorname{sen}\delta$ $E = (k \cos\delta \operatorname{sen}\varphi - \cos\varphi) \cos\alpha$ $F = (k \cos\delta \cos\varphi + \operatorname{sen}\varphi) \operatorname{sen}\alpha$

d = distancia de reloj a plano vertical del alero (propio o frontero) que produce sombra

h = diferencia de alturas entre el alero (propio o frontero) que produce sombra y reloj

$\kappa = h/d$ φ = latitud del lugar

α = declinación solar δ = declinación del alero (+ al Este)

ε = ángulo horario en que se inicia o acaba la insolación (en horas o fracción en las tablas)

El doble signo de la fórmula de $\cos\varepsilon$ obedece a que, para determinadas latitudes y declinaciones solares, pueden existir dos horas (dos raíces) en que se inicia o acaba la insolación. Igualmente pueden inexistir dichas horas (raíces imaginarias).

Casos que pueden darse de limitación de insolación.-

Las tablas permiten estudiar la ausencia o pérdida de insolación en todos los casos que pueden presentarse en solsticios y equinoccios, a saber:

1º.- Por los ortos u ocasos.-

En los cuadrantes de parajes despejados será frecuente que los ortos y ocasos, o bien uno de ellos, constituyan los límites de la insolación. Las tablas de ortos y ocasos son de fácil encuentro en diversas publicaciones pero también se incluyen en las tablas (primera columna izquierda) correspondiendo, obviamente, al valor de k = 0 en la fórmula, que se transforma en la conocida $\cos\varepsilon = - \operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\alpha$

2º.- Por la ocultación producida por la fachada del propio edificio o muro.-

Tenga o no alero el edificio en cuya fachada se encuentre un cuadrante se dará ordinariamente el caso de que dicha fachada permanezca cierto tiempo en sombra; interesa, pues, conocer en que momento se produce el paso del Sol por el plano de la fachada, es decir la hora del llamado "sol rasante". Para ello es aplicable la misma fórmula con un valor infinito de k, o, lo que es lo mismo, su inverso 1/k = 0. La fórmula se transforma en la ya conocida:

$\cos\varepsilon = [\operatorname{sen}\varphi \cos\varphi \operatorname{tg}\alpha (+/-) \operatorname{tg}\delta' (\operatorname{sen}2\varphi + \operatorname{tg}2\delta' - \cos2\varphi \operatorname{tg}2\alpha)1/2]/(\operatorname{sen}2\varphi + \operatorname{tg}2\delta')$

donde δ 'es la declinación de la fachada del reloj

Los valores, para las fechas antes indicadas, aparecen en la última columna de los valores k, a la derecha de las tablas bajo la sigla SR.

Como es muy frecuente que se presente el caso de esta limitación- conjugada con la de los ortos y ocasos- se amplían las tablas de sol rasante con otras complementarias para los días de declinación solar correspondientes al cambio de meses zodiacales.

3º.- Por la ocultación producida por el alero del propio edificio.-

Caso muy frecuente y que suele dar lugar a la elección entre dos exigencias contrapuestas: una, la de bajar el cuadrante para huir de la sombra del alero, y otra, la de subirlo por consideraciones estéticas. Sirve a estos efectos la parte derecha de las tablas con valores altos de k.

4º.- Por la ocultación producida por un obstáculo o edificio próximo.

Caso que ineludiblemente se presenta en cuadrantes de edificios urbanos con inmuebles a cada lado de la calle. Será de usual aplicación a este caso la parte izquierda o central de la tabla con valores bajos o medios de k.

Tablas

Horas de inicio o fin de la insolación en solsticios y equinoccios

La colección está constituida