

ANALEMA

BOLETIN DE LA ASOCIACION DE
AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

1	EDITORIAL	Editor
2	ABSTRACTS	Editor
3	DE LA HORA SOLAR A LA HORA LEGAL	J.L. Benito
8	EL CUADRANTE DE PROFATIUS (II)	L. Hidalgo
14	RELOJ DE SOL EN UNA COPA DE CRISTAL .	J. Velilla
16	UNA ESFERA Y EL SOL NOS DAN LA HORA EXACTA	A. Majó
17	RESEÑA DE PUBLICACIONES	Redacción
18	LITERATURA Y GNOMONICA	P. Dantillo
19	NOTAS Y COMENTARIOS	Redacción
20	GEOMETRIA BASICA DEL ASTROLABIO ...	J. de la Calle
23	RESUMEN DE ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN	Editor
25	VALORES DE LA DECLINACION MAGNETICA EN ESPAÑA PARA EL AÑO 1966.....	Redacción

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol fué creada en Abril de 1988. Figura en el Registro Nacional de Asociaciones con los números N-18.865 y N.P-8.747. Su Junta Directiva está formada actualmente por PRESIDENTE Luis Hidalgo Velayos. VICEPRESIDENTE: Jacinto Del Buey Pérez. SECRETARIO: Manuel Lombarden Soto. TESORERO: Antonio de Vicente Candeira. VOCALES: Jesus de la Calle Montes. - Juan José Caurcel Morán. M. Angel Hacar Benitez. - Manuel M. Valdés Carracedo - J. Esteban Esteban. - Baltasar Soteras Elia SOCIOS de HONOR: Rafael Portaencasa Baeza - José Luis Basanta Campos - Rafael Soler Gayá.

La Asociación constituye una entidad no lucrativa cuyos fines son el desarrollo y fomento de los estudios históricos, geográficos y matemáticos relacionados con la promoción y difusión de los conocimientos relativos al cálculo, trazado, construcción, revisión y emplazamiento de Relojes de Sol y otros instrumentos astronómicos análogos

Para el cumplimiento de estos fines se celebran reuniones periódicas y se mantienen contactos con otras Asociaciones o Entidades semejantes.

Ofrece a sus asociados los siguientes servicios:

- Información Bibliográfica: Fondo informatizado con más de dos mil entradas referentes a Gnomónica y temas análogos
- Cálculo y trazado de relojes solares a petición de cualquier asociado, o entidad pública o privada
- Reseña de libros y tratados de Gnomónica. Traducción y revisión de artículos de revistas o boletines y publicaciones sobre estos temas.
- Asesoramiento para la construcción o reparación de relojes solares o instrumentos semejantes. Comprobación y datación de cuadrantes y relojes solares antiguos.
- Publicación de un Boletín cuatrimestral titulado "Analema"

Estos servicios son prestados por la Asociación a título gratuito, o en casos especiales a coste estricto-, a las personas o entidades presentadas por algun Socio. En todo caso los servicios de asesoramiento son totalmente gratuitos para los organismos culturales que así lo soliciten

Para obtener la condición de Asociado es necesario, de acuerdo con los Estatutos, la presentación por dos Socios de la persona interesada y su admisión por la Junta de Gobierno. La cuantía de su aportación en concepto de cuota anual es fijada libremente por el propio Asociado. No obstante para recibir el presente Boletín y las comunicaciones escritas de la Asociación debería efectuar una aportación mínima equivalente a los gastos de edición y envío.

Los artículos y notas publicados en este Boletín Informativo pueden ser reproducidos y utilizados, citando su procedencia y previa comunicación a esta Asociación. Se exceptúan los casos en los que expresamente se mencione la existencia de derechos de Autor o cualquier otro impedimento legal.

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol no se hace responsable del contenido ni de la interpretación de los escritos, gráficos, tablas o cualquier otra información publicada en el presente Boletín. Agradece cualquier tipo de crítica, comentario, discusión o reseña de los mismos, que será transmitida al autor del escrito y publicada en el Boletín si, a juicio de la Junta, su interés y generalidad lo hacen conveniente.

Se reserva el derecho de resumir, adaptar o editar, con el conocimiento previo del comunicante, los trabajos originales recibidos para su publicación. Su extensión no deberá exceder de cinco folios mecanografiados salvo que su contenido, interés y continuidad aconseje publicarlos en varios números sucesivos o en forma de folleto o separata del Boletín.

Domicilio Social actual: ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS
CIUDAD UNIVERSITARIA 28040 - MADRID

EDITORIAL

Se suele considerar a la Gnomónica como una hija menor y envejecida de la Astronomía de Posición, y por lo tanto parece extraño dedicar parte de nuestro tiempo y actividad al estudio y difusión de los anticuados e inútiles relojes solares.

Evidentemente en su aspecto puramente matemático o astronómico es posible que el reloj solar ha llegado a su punto final. No parece probable que pueda desarrollarse en el futuro ningún tipo de cuadrante que no haya sido tratado exhaustivamente por nuestros clásicos.

Más el campo de la Gnomónica es mucho mayor que el restringido espacio del cálculo matemático o del diseño geométrico de cuadrantes. Sus implicaciones históricas, artísticas, sociales e incluso filosóficas abarcan conjuntamente un largo y glorioso período de la historia de la Humanidad: desde el neolítico hasta el siglo XIX.

Buena prueba de ello es el creciente número de Asociaciones de estudiosos de esta Ciencia que se están desarrollando en todos los países, conscientes de que los antiguos relojes y cuadrantes constituyen un ejemplo, visible y demostrativo, de los conocimientos científicos y artísticos de nuestro pasado, y forman parte de un patrimonio cultural que precisa ser conservado y dado a conocer fuera de las instituciones cerradas o especializadas.

El actual florecimiento de publicaciones sobre temas gnomónicos, la aparición de repertorios y catálogos regionales o locales de relojes solares y el creciente interés sobre estos temas de los nuevos Museos e Instituciones culturales son el reflejo en nuestro País de esta tendencia o, si es permitido así llamarla, "moda" que se extiende entre los coleccionistas y anticuarios, y muy especialmente entre los diseñadores de mobiliario urbano, con el evidente peligro de banalizar sus aspectos más visibles, desdeñando sus raíces y las consecuencias que se derivan de un estudio serio y detallado de estos instrumentos o monumentos.

Como consecuencia de las razones anteriormente expuestas entendemos que la existencia de nuestra Asociación y su modesto boletín "Analema" quedan justificadas, por lo que una vez más pedimos la más estrecha colaboración de nuestros asociados y amigos, en forma de sugerencias, noticias, artículos y medios económicos.

EDITOR ■

A B S T R A C T S

3. FROM SOLAR TIME TO OFFICIAL TIME

This article was written in 1987 by J.L. Benito, an outstanding gnomonist and one of the founders of our Association. Unfortunately he was dead in a traffic accident some days before we could publish it.

It has been recently found in our files, and as a posthumous homage to his memory, we do insert it in this Bulletin.

As its title implies it deals with the reasons for changing from solar to official time. It explains the meaning of the terms used: solar time, mean time, local time, legal time, etc. and states that the expansion of the railway, and subsequently the telegraph, were the compelling motives for that change. Referring to the Summer Time, he asserts that the first proposal for the advancement of one hour was made by W. Willet, and the first nation to adopt such proposal was Germany, in 1916.

A detailed note about the changes from legal to official hour in Spain is included.

8. PROFATIUS'S "QUADRANS NOVUS" (II)

In "Analema 13" an article about the Profatius's Astrolabe, denominated "Quadrans Novus", was inserted. Due to its length it ought to be published in two Bulletins (13 and 14). Here is the second part, where some rules for using this instrument, and resolve many astronomical problems are explained. Profatius name was Jakub Ben Makkir, but was better known as Dom Profat Tibbon. The Tibbon family played a prominent role, translating scientific Arabic texts into latin, at Provence, all along the 13th century.

14. A GOBLET-SUNDIAL

To the delight of many fine drinkers Monsieur Pierre Casal devised a rather strange sundial, made with a little ball placed into a brandy goblet (empty, of course). J. Velilla explains the theory of such dial and points out that the glass must be pierced with a little hole and provided with a free-rolling ball. We think Mr. Casal could have had his heart broken, parted between the accomplishment of his gnomonic duties and the smell of the noble Napoleon *** Brandy spilling out by that hole. Sorry enough.

16. A BALL AND THE SUN

A Majó Díaz let us know that in the Parque de la Ciudadela, at Barcelona, and also at Sant Julia de Vilatorrada (Osona) there are two sphere-type (ball) sundials. This sort of dials is not very much in use, (because of its inherent lack of accuracy, I suppose). Mr. Majó proposes two new types of much better ball dials, one of his own design, in order to avoid that disadvantage.

17. BOOKS: "KATALOG DER ÖRTFESTERN SONNENHUREN IN ÖSTERREICH"

A brief summary of this Karl Schwarzsinger's book, edited by the Austrian Astronomic Society: It includes an impressive account and synthetic description of more than 2 200 Austrian dials!

18. GNOMONICS AND LITERATURE

A quotation of Shakespeare's *Henry VI* (Act II, Scene V). Poor Henry complains of his ill fate and yearns for the happy way of life of a quadrant-carver. (!) "*To carve out dials quaintly, point by point*"

In "Analema 13" an article headlined "ALICIA Y EL JABBERWOCKY" was shown up. There, Lewis Carroll's Humpty-Dumpty introduces the "Toves" and "Borogoves", strange animals living by the sundials. Much to our surprise we have received many letters about this subject, hence a commentary on some of the early "translations" of the first verses of this intraslatable poem, *Jabberwocky*, to the Castilian, Catalan, French, German, and Italian languages!

19. NOTES AND COMMENTARIES

A necrologic note, and some brief remarks on commentaries received from our readers.

20. BASIC GEOMETRY OF THE PLAIN ASTROLABE

J. de la Calle lays on the geometric foundations of the stereographic projection, and explains its easy application to the design of the plain astrolabe.

25. MAGNETIC DECLINATION IN SPAIN

A table of the magnetic declination values for the year 1996. Claimed precision: $\pm 0,1^\circ$

El siguiente artículo fué escrito en 1974 por uno de los fundadores de la Asociación, nuestro malogrado compañero Jesus Luis Benito, fallecido en trágico accidente de automóvil el año 1987

Ha sido recientemente encontrado en nuestros archivos, y nos complacemos en publicarlo íntegramente en este Boletín "Analema" como homenaje póstumo a su memoria.

DE LA HORA SOLAR A LA HORA LEGAL

J. L. BENITO

I. ANTECEDENTES DE LA HORA

Una definición simplificada y popular de la "hora" podría ser: *lo que marca el reloj*, y aunque también es general el conocimiento de que *la hora la determina el Sol*, entre ambos elementos -Sol y Reloj- ha habido tantos acuerdos, rectificaciones, pactos y convenios que la primitiva relación ha quedado poco menos que irreconocible.

En un principio, la presencia del Sol sobre el horizonte, aunque estuviese velado por las nubes, caracterizaba un período luminoso, hábil para los trabajos agrícolas y la caza llamado DIA, mientras que su ausencia constituía la NOCHE, período oscuro, de temperatura más baja y generalmente menos apto para la permanencia al exterior.

Durante mucho tiempo -siglos o milenios- esta división fué suficiente para las necesidades del hombre primitivo. Y aún en tiempos históricos recientes la jornada laboral, fundamentalmente la agrícola, se denominaba *de Sol a Sol*.

El hecho de que los *días de verano* fuesen más largos que los de invierno no tenía gran importancia, ya que se adaptaba perfectamente al mayor volumen de trabajo propio de esta estación, en una economía fundamentalmente agrícola.

Por consiguiente cuando fué necesaria una subdivisión de estos períodos de tiempo se hizo del *día*, por un lado y de la *noche* por el otro un número determinado de partes a las que de algún modo podríamos llamar *horas* y que eran de diferente duración según fuesen diurnas o nocturnas y según la época del año.

Esta distribución de los períodos diurno y nocturno en partes desiguales se conservan todavía en la liturgia de las *horas canónicas* que rigen los períodos de oración en los monasterios.

Existen numerosos ejemplares de relojes antiguos en los que se puede observar como sus usuarios ya eran conscientes de la diferente duración del día según los meses del año, y como dividían el período entre la salida y la puesta del sol en cuatro partes *sensiblemente iguales* entre sí durante el transcurso de un mes, pero variables de unos meses a otros.

Como anécdota podemos indicar que este

sistema de horas desiguales estuvo vigente en el Japon hasta 1872.

En la antigüedad tanto el día como la noche se dividían en seis partes, que posteriormente fueron aumentadas hasta doce. Cabe suponer que si las necesidades prácticas hicieron aconsejable esta división, más detallada, también empezase a ser molesta la desigual duración de estas *horas* en el transcurso del año.

Por este motivo, para conservar los antiguos criterios, pero racionalizándolos se adoptó el criterio de dividir el conjunto *día-noche* (el día completo) en 24 *horas iguales*, criterio que se ha conservado hasta nuestros días.

Con este sistema los momentos exacto del orto o del ocaso del Sol ya no definen una transición cronológica fundamental, quedando relegados a un segundo plano, aunque continuaron conservando cierto prestigio jurídico. Por ejemplo: no hace aún muchos años los períodos hábiles para pagos y reclamaciones de las letras de cambio terminaban a la puesta del Sol, por lo que en todos los calendarios figuran las horas de salida y puesta del Sol, como vestigio de tiempos pasados, aunque son datos de escasa importancia hoy día.

II. LA HORA SOLAR

El período de tiempo comprendido entre dos pasos consecutivos del Sol por el Meridiano se dividió en 24 horas iguales (de igual duración), que pudieron ser perfectamente identificadas por medio de la Gnomónica, que permitía la construcción de relojes de sol lo suficientemente precisos para conocer la hora (en el punto de instalación del reloj, hora *local*).

La construcción de los relojes mecánicos, que comenzaron siendo un artificio poco exacto, se fué perfeccionando rápidamente, adquiriendo cada vez mayor exactitud. Se les confió la misión de enlazar el orto y el ocaso, "dando la hora" durante la noche y se acabó reconociendo que eran más exactos que el Sol: entre dos pasos de éste por el meridiano no transcurría siempre el mismo tiempo...

El *Sol-verdadero* hubo de hacer un pacto con un *Sol-ficticio*: cada uno daría su hora. El reloj de

Se daría la hora solar verdadera (HSV) y el mecánico la hora solar media (HSM). El total de las respectivas horas en el transcurso de un año debería coincidir, pero a lo largo del año cada hora seguiría su ritmo, señalando su diferencia la llamada "Ecuación del Tiempo".

Hay cuatro días al año en las que las horas marcadas por el reloj de sol y el reloj mecánico (o sea HSV y HSM) coinciden. En los restantes sus diferencias pueden llegar a valer hasta unos 14 minutos en un sentido y 16 en el otro.

Los fabricantes de relojes de sol y mecánicos, se vieron obligados a entregar a los usuarios una lámina con los diversos valores de la Ecuación del Tiempo, para convertir la HSV en HSM, ya que esta última era la que se iba imponiendo en la práctica por el perfeccionamiento de los relojes portátiles mecánicos (relojes "de faltriquera").

III. HORA LOCAL

La hora solar, tanto la verdadera como la media tiene el inconveniente de ser una hora puramente local.

Este inconveniente no era muy grave mientras no existía posibilidad de relacionar con rapidez las actividades que se desarrollan en lugares distantes.

Sin embargo, a mediados del pasado siglo se inició la expansión del ferrocarril, siendo necesario que todas las estaciones tuviesen una hora común, lo que pudo conseguirse por medio del telégrafo ... sacrificando la *hora local*.

En Inglaterra se estableció en 1848, para sus ferrocarriles, que la *hora oficial* debería ser la del observatorio de Greenwich, y en España pocos años después tuvo ese mismo carácter la del meridiano de Madrid (la hora solar media en Madrid), sin que desapareciesen completamente las horas locales. Así, para la vida en Barcelona (excepto ferrocarriles) regía su hora local, que determinaba diariamente su Academia de Ciencias. Esta hora llevaba un avance de 23 minutos respecto a la de Madrid.

No obstante la hora local estaba herida de muerte ya que solamente los relojes del meridiano de Madrid daban una indicación aproximada. Para relacionar la hora local con la que, cada vez más, era la *hora oficial* era necesario conocer cual era la longitud del lugar o, mas concretamente, su diferencia de longitud con el meridiano de Madrid, para corregirla a razón de 4 minutos (de tiempo) por grado de diferencia.

IV. HORA CIVIL

Indudablemente la *hora oficial*, única para todo el país, resultaba sumamente útil para las naciones con poca extensión en el sentido de la longitud, pero molesta y poco adecuada en aquellos países cuya horas locales extremas tienen una diferencia considerable.

Tal era el caso de los Estados Unidos de América al enlazar por ferrocarril las dos costas. Entre la del Atlántico y la del Pacífico hay más de tres horas de diferencia; la adopción de un criterio horario único (como pretendió el senador Mc. Gee) hubiera producido distorsiones inaceptables.

Ya en 1878 propuso Fleming el sistema de *husos horarios*, estableciendo una hora única para cada huso de 15° de longitud.

Inglaterra declaró obligatoria para todo el Reino Unido la hora civil de Greenwich. Por aquellas épocas la preocupación acerca de estas cuestiones era general, celebrándose congresos internacionales en Roma y Washington, y se aceptó finalmente lo propuesto en esta última ciudad: el sistema de husos horarios que tendría como origen el meridiano de Greenwich.

En este sistema los husos se numeran de 1 a 23, hacia oriente. (El huso 0 está bisecado por el meridiano de Greenwich). El centro de cada uno de estos husos tiene una hora local que solo difiere de la de Greenwich en un número exacto de horas, y que se establece para toda la amplitud del huso.

Si cada país adopta para *hora civil* la correspondiente al centro del huso en que está situado, los relojes de los diferentes países solo diferirán en un número exacto de horas, teniendo, además, la misma hora todos los que estén situados en el mismo huso horario.

España, cuyo territorio peninsular (con excepción de gran parte de Galicia) se encuentra en el huso 0 adoptó como *hora oficial* la de Greenwich, por R.D. de 26 de Julio de 1900, que empezó a regir el 1 de Enero de 1901.

En el territorio extrapeninsular las Islas Canarias, situadas entre 13° y 18° de longitud Oeste pertenecen al huso horario 23 (-1 hora)

Como es sabido el meridiano de Greenwich pasa prácticamente por Castellón de la Plana, por lo que la mayor parte de nuestro país tiene la hora *adelantada* respecto a la hora solar media local. Como es natural para ajustarla es necesario conocer la longitud del lugar donde esté situado el reloj solar.

V. HORA LEGAL

En este recorrido para relacionar la hora que nos indica el Sol de los cielos con la que marca nuestro propio reloj queda aún otra modificación por reseñar, y es la corrección *legal* que en algunos casos se hace a la hora civil, o del huso horario.

Algunos países, como la India, que se encuentran entre dos husos han adoptado una hora *legal* que difiere en media hora de la que le correspondería según el sistema de los husos horarios. De esta forma su hora legal se aparta menos del tiempo local.

En otros, con gran extensión en el sentido de la longitud geográfica, tienen carácter legal las horas correspondientes a dos, tres, o más husos. Tal es, por ejemplo, el caso de los Estados Unidos, cuyos Estados se extienden por los husos 16, a 20.

Finalmente, otros países han decidido utilizar como hora legal la de otro huso inmediato, porque esto facilita el enlace de sus comunicaciones con los países vecinos o de más frecuente relación.

En 1974 la situación en Europa era la que se recoge en el siguiente cuadro:

PAIS	HUSO	CORREC.
Albania	1	+1
Alemania	1	+1
Austria	1	0
Bélgica	0	+1
Bulgaria	0	+1
Checoslovaquia	1	+1
Dinamarca	1	+1
España *	1	+1
Finlandia	2	+2
Francia	0	+1
Gran Bretaña *	0	0
Grecia	2	+2
Hungría	1	+1
Irlanda	0	0
Islandia *	23	-1
Italia *	1	+1
Monaco	0	+1
Noruega *	1	+1
Países Bajos	0	+1
Polonia *	1	+1
Portugal	0	0
Rumania	2	+2
Suecia	1	+1
Suiza	2	+2
Turquía europea *	2	+2
Yugoslavia	1	+1
U.R.S.S. :		
Long. < 40° E.	2-3	+3
40° < Long. < 52° 30'	3	+4
Long. > 52° 30'	4	+5

VI. HORA DE VERANO

Determinados países adoptan temporalmente una variación horaria estacional, conocida generalmente como *hora de Verano*.

En el cuadro anterior están marcados con un asterisco (*)

Hacia 1907 un constructor de Chelsea, William Willett, pensó que si se madrugaba una hora más en verano y se terminaban las actividades una hora antes, cada semana se disfrutaría del equivalente a una jornada más de luz natural. Si este horario se mantenía cinco meses cada año, "al llegar a la edad de 28 años un hombre habría ganado un año completo de luz natural", argumentaba Willett, que murió sin ver llevada su idea a la práctica. Proponía un adelanto de 80 minutos en cuatro escalones de 20 minutos.

La primera nación que adoptó una medida de este tipo fué Alemania en 1916, con objeto de aumentar la producción de sus industrias de guerra. Ese mismo año también lo adoptó Inglaterra, en forma de un adelanto único de una hora.

Las reacciones a esta medida, en Inglaterra y en los países que posteriormente también la adoptaron fueron de lo más variado. Los granjeros aseguraron que las vacas no consultan el reloj, por lo que los que las ordeñaban trabajarían en la oscuridad la mayor parte del año; los segadores tendrían que permanecer ociosos en espera de que el rocío matinal desapareciese; muchas madres aseguraron que era inútil acostar a los niños si el Sol estaba sobre el horizonte; algunos piadosos creyentes alegaron que era impropio y blasfemo interferir los planes del Creador; se publicaron folletos con especulaciones pseudofilosóficas sobre a dónde habrían ido a parar las horas escamoteadas y el Servicio Meteorológico indicó a sus observadores que siguiesen con el horario anterior.

Sin embargo, pese a todas estas predicciones nefastas no hubo crisis lechera ni desastres en los Ferrocarriles.....

En el año 1925 Inglaterra adoptó de modo permanente el horario de verano, con lo que se perdían las ventajas teóricas por las que había sido implantada

Por el contrario, algunos partidarios de modificar el horario estacionalmente arguyen que es en invierno cuando debería implantarse esta medida: ganar una hora de luz en verano, cuando la luz sobra, no tiene interés; es preferible ganarla en invierno.

Para aclarar estas ideas insertamos a continuación un gráfico con las horas de salida y puesta del Sol a lo largo del año, para el paralelo de $40^{\circ}25'N$, expresadas en hora media solar local.

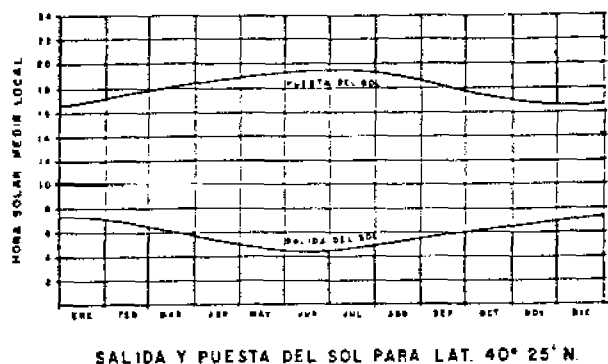


FIG. 1. SALIDA Y PUESTA DEL SOL PARA LA LATITUD DE MADRID

Si se supone que el grueso de la jornada laboral transcurre entre las 9 y 19 horas, es evidente que no se reparte simétricamente respecto al mediodía, pero no lo es menos que a las 19 horas aún hay Sol.

Es en invierno cuando, al ponerse el Sol a las 17 horas, se sumergen las dos últimas de la jornada en la luz artificial.

Si lo que se trata con el cambio de horario es llevar el centro de gravedad de la jornada laboral a las 12 hora solar para aprovechar mejor el período diurno, en nuestro ejemplo será necesario adelantarlo 2 horas para lograr una distribución simétrica: 5 horas antes y 5 después de mediodía.

Parece ser que hay una cierta tendencia a retrasar la jornada laboral. De hecho han sido varios los países que teniendo ya un adelanto establecido han recurrido, de modo permanente u ocasional, a una segunda hora adelantada. Tampoco se debe descartar que el efecto de una gran parte de estas medidas en la economía de un país es puramente psicológico, como en las naciones que recurrieron a ello en la segunda guerra mundial.

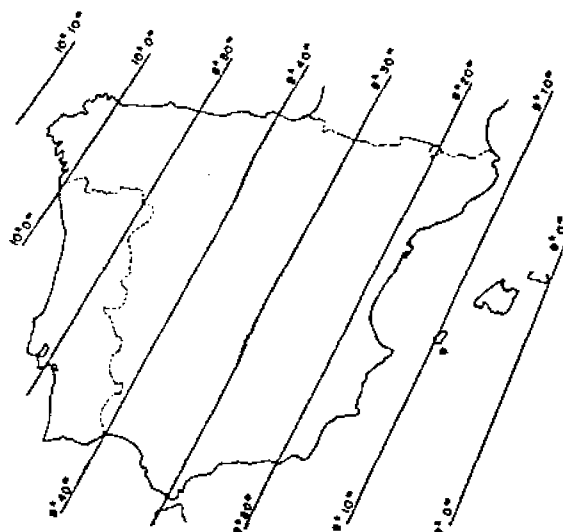
Se debe tener en cuenta que estos razonamientos se basaban en la hora local que, como sabemos, quedó arrumbada en los albores del ferrocarril.

Al considerar la diferencia de longitud geográfica entre puntos de un mismo país puede resultar que un horario que logre el máximo aprovechamiento de la luz diurna en una parte del mismo quede descentrado en el otro extremo.

En España, por ejemplo, la diferencia en longitud entre Barcelona y Coruña equivale a unos 42 minutos de tiempo, por lo que un adelanto de una hora trasladada a La Coruña las condiciones anteriores de Barcelona con todas sus ventajas e inconvenientes, y si Barcelona inicia su jornada laboral al filo de la salida del Sol, La Coruña lo hará 42 minutos más tarde.

Como ejemplo demostrativo se ha dibujado un pequeño mapa en el que figuran las líneas que sucesivamente va iluminando el Sol, correspondientes al 21 de Diciembre.

La hora señalada en cada línea es la *hora legal del orto* supuesto un adelanto de 2 horas sobre la hora civil del huso horario que nos corresponde.



21 DE DICIEMBRE: SALIDA DEL SOL
EN TIEMPO UNIVERSAL + 2 HORAS

Puede verse que, en estas condiciones, cuando en La Coruña salga el Sol los relojes pasan de las 10 de la mañana motivo más que suficiente para no mantener la segunda hora de adelanto en invierno

VII. LOS CAMBIOS DE LA HORA LEGAL EN ESPAÑA

Terminamos estas notas con un resumen de las fechas en las que la hora legal española sufrió un cambio de una hora entera para establecer la hora de verano, reducirla, mantenerla permanentemente o adelantarla dos horas.

En el cuadro que figura en la página siguiente se han recogido las fechas en que se ha modificado legalmente el horario

A la vista del mismo siguen en el aire varios interrogantes:

- ¿ Hora de Verano ?
- ¿ Hora adelantada todo el año ?
- ¿ Por qué 1 hora si y 2 no ?

El período 1937-1939 es especialmente interesante para matizar los aspectos sociológicos de la cuestión: lo que en la zona republicana se consideró "conveniente" no lo fué en la zona nacional.

Sin embargo al unificar la legislación en todo el territorio español aparece otra vez este "artificio"..... e incluso se amplía. ¿Hay alguna explicación "científica" ?

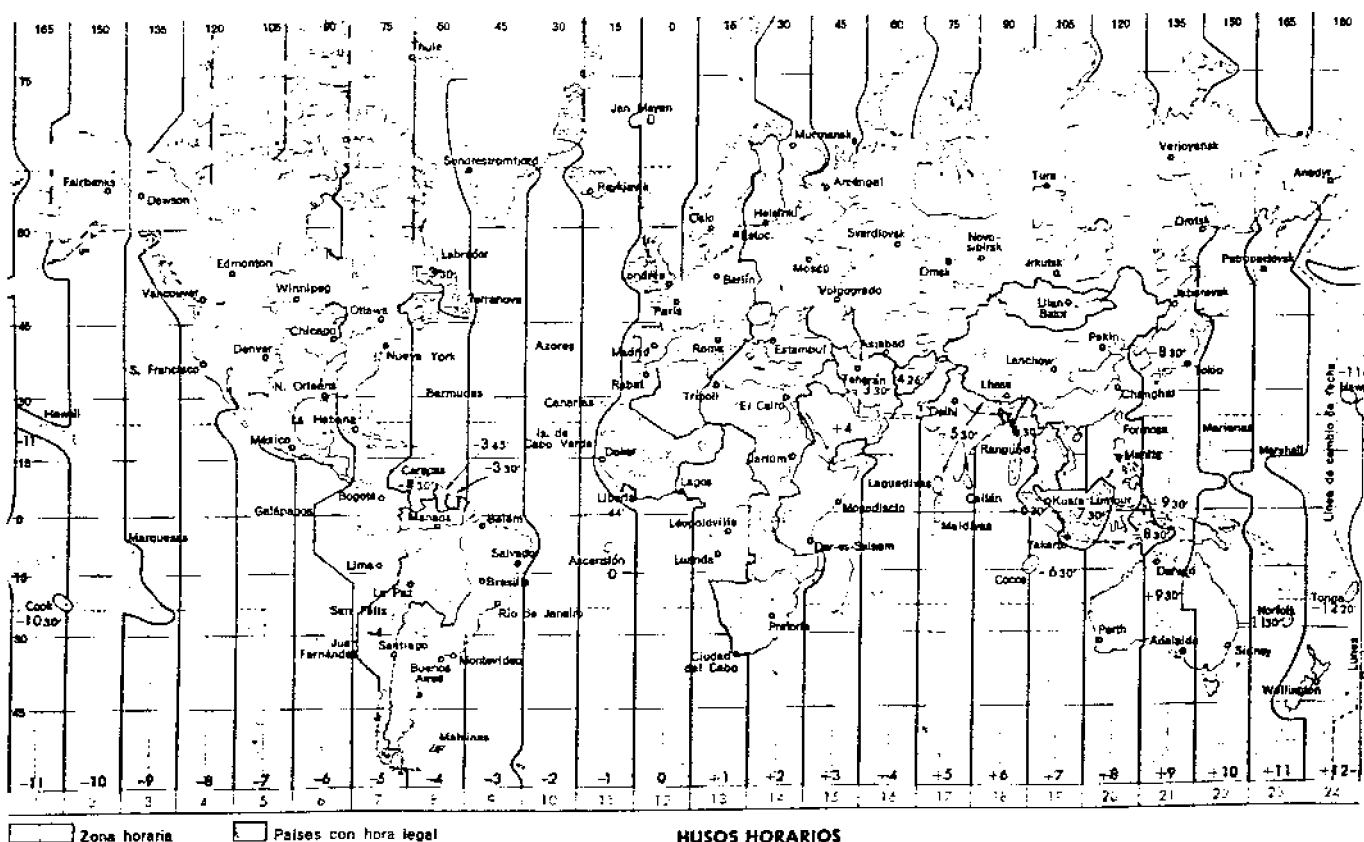
Adjunto figura un cuadro en el que se indican las fechas de los cambios de horario, desde su implantación hasta 1974

NOTAS DE LA REDACCION:

Este artículo fué escrito en 1974. En la actualidad se sigue conservando una hora de adelanto durante todo el año. En España el horario de verano, con una segunda hora de adelanto, se suele implantar el primer domingo de Abril, restableciendo el horario anterior el primer domingo de Octubre.

En el plano que se inserta a continuación puede verse la distribución actual de los husos horarios

CAMBIO DE LA HORA LEGAL AÑO	Día en que se adelanta	Día en que se restablece
1918	15 abril	6 octubre
1919	6 abril	6 octubre
1920	16 abril	4 octubre
1924	16 abril	4 septbre
1926	17 abril	2 octubre
1927	9 abril	1 octubre
1928	14 abril	6 octubre
1929	20 abril	6 octubre
1937 Z.R.	16 junio	6 octubre
1938 Z.R.	2 abril	no se restab.
1938 Z.R. (2ª hora)	30 abril	2 octu (1 h)
1938 Z.R. y Z.N.	Empezó el año con 1 h y el 26 de enero se restableció la hora normal	
1939	15 abril	7 octubre
1940	16 marz.	no se restab.
1941	todo el año 1 hora adelantada	
1942 (2ª hora)	2 mayo	1 sept (1h)
1943 (2ª hora)	17 abril	2 octubre
1944 (2ª hora)	15 abril	30 sept.(1 h)
1945 (2ª hora)	14 abril	30 sept.(1 h.)
1946 (2ª hora)	13 abril	28 sept.(1 h)
1947 y 1948	todo el año 1 hora adelantada	
1949 (2ª hora)	30 abril	1 oct. (1 h)
1950 a 1973	todo el año 1 hora adelantada	
1974 (2ª hora)	13 abril	5 oct. (1 h)



En el anterior Boletín (Analema 13) se publicó un artículo de L. Hidalgo con el estudio del "Quadrans novus" construido en 1288 por Jacob Ben Makir, más conocido por su apelativo latino de "Profatius". Debido a la extensión del mismo nos vimos obligados a dividirlo en dos partes, la primera con su descripción y trazado y la segunda, que se publica ahora, con las instrucciones y ejemplos de utilización

EL CUADRANTE DE PROFATIUS (II)

L. HIDALGO

SEGUNDA PARTE ; UTILIZACION

a) Horas desiguales

Profatius no renuncia a que el cuadrante marque las horas desiguales directamente, por otra parte de utilización común, por eso incorpora el cuadrante "vetus".

La altura meridiana puede ser calculada o bien observada en el momento del mediodía. Su valor angular se llevará por medio de la plomada sobre la escala del ángulo horario y donde corte a la línea de la hora VI (semicircunferencia horizontal) se ajustará la perla.

Cuando se observe la altura instantánea del sol se dejará la perla libre que caerá en o entre las horas desiguales dando la hora y fracción de hora.

Esta operación como se observa es simple e inmediata y contrasta notablemente con la obtención de:

b) Horas iguales o equinocciales.

Para conocer la hora equinoccial en un momento y día determinado a través del sol o de las estrellas, debemos aplicar la fórmula de $\sin vt = \sin vt^\circ (1 - \sin h / \sin h_{\max})$ que exige una serie de pasos intermedios que pasamos a describir con un ejemplo determinado:

1) Sea el día 21 de Mayo cuando la altura solar en Toledo ($\varphi = 40^\circ$) es de $h = 46,5^\circ$. Si el hilo de la plomada lo aplicamos sobre la escala de los grados de tal modo que quede en medio de 46° y 47° veremos que corta en un punto al semicírculo que da el valor del seno, y que transportado a la escala del radio horizontal da un valor de 0,72. Si operamos de la misma manera con el valor de $h_{\max}$ que en este caso es $90^\circ - 40^\circ + \delta$ (siendo δ en la escala de declinación: 20°), da un valor de 70° y que transportado a la escala del seno da un valor de 0,93. El cociente de ambos valores obtenidos da un valor de 0,77.

A continuación pasamos a averiguar el valor del arco semidiurno (t°) y el de su seno verso. Pongamos la perla a 30° de Taurus y lo desplazamos pendularmente hacia la derecha hasta que la perla corte al horizonte que lleva escrito 40°_{m} y mirando el hilo tenso sobre la escala del ángulo horario observamos que este tiene un valor de 108° luego su seno verso de $108^\circ = 1 - \cos 108^\circ$. Si colocamos este valor en la escala del ángulo horario, vemos que el hilo de la plomada cortará al semicírculo del coseno (el apoyado sobre el radio vertical) en un punto. Apoyemos sobre él la perla y transportemos este valor en la escala del radio horizontal da un valor de -0,31, valor negativo; luego el valor de seno verso $= 1 - (-0,31) = 1,31$; $1 - \cos t = 1,31(1 - 0,77) = 1,31(0,22) = 0,3$; $\cos t = 1 - 0,3 = 0,7$ poniendo este valor sobre la escala del radio horizontal y desplazando el hilo y la perla hasta que toque al círculo del coseno el hilo señalará en la escala de ángulo horario un valor de 45° , que dividido entre 15° que tiene la hora da un resultado de 3 horas que le separan de la meridiana o de las 12 horas, por lo tanto en ese día y en ese momento considerado, en Toledo, será las 9 horas o las 15 horas (horas astronómicas iguales solares).

El proceder a primera vista parece complejo y dificultoso pero no lo es tanto si previamente tenemos calculado de antemano los valores de $h_{\max}$ y de $\sin vt^\circ$. Ahora se reduce a tomar la altura h , hallar su seno, dividirlo por el seno $h_{\max}$, ya calculado, restarlo de la unidad y multiplicarlo por $\sin vt^\circ$, que ya con anterioridad habíamos obtenido.

Si tenemos la curiosidad de averiguar la hora desigual en ese instante, como hemos calculado el valor del arco semidiurno que es de 108° al dividirlo por 15° , nos da horas $= 7,2$ hora y que dividirlo entre 6 da el valor de una hora desigual cuyo valor, en ese día, es 1,2h o de 1 hora, 12 minutos; luego si la hora 12 igual, corresponde a la hora VI desigual, a la hora 15 le corresponderá una posición entre la hora VIII y IX temporal.

El cuadrante de Profatius no se comporta solamente como un reloj de sol, sino que también puede obtener la hora a partir de las estrellas. El proceder aunque similar al expuesto anteriormente, es un poco mas largo y después de haberlo realizado nos daremos cuenta de la diferencia que existe entre este cuadrante y el astrolabio plano, en el que la obtención de la hora solar a partir de las estrellas es inmediato, sin necesidad de ningún cálculo y sin temor de equivoco.

Es lógico suponer, sobre todo para aquella época, que el uso de este cuadrante estuviese reservado para los astrónomos.

2) Pongamos un ejemplo: en Toledo $\phi = 40^{\circ}\text{N}$ queremos averiguar la hora solar el día 19 de febrero, cuando Regulus tenga 30° de altura sobre el horizonte.

El método operativo es semejante al utilizado para el sol, es decir, debemos en primer lugar conocer el ángulo horario de Regulus cuando alcanza los 30° de altura. Aplicando la fórmula $\sin vt^{\circ} (1 - \sin h / \sin h \max)$ tenemos que $h = 30^{\circ}$ y $\sin h = 0.5$ (llevando la perla colocada en el punto de corte del hilo con el semicírculo horizontal y transportando la longitud sobre la escala horizontal del seno, coseno y seno verso). Si ponemos la perla en el sitio en que está grabado Regulus y lo desplazamos hacia la escala de la declinación, en el radio vertical, veremos que toca en el 12° , luego $\delta = 12^{\circ}$ y $h \max = 90^{\circ} - 40^{\circ} + 12^{\circ} = 62^{\circ}$. Si volvemos a la posición anterior, esto es, la perla sobre Regulus el hilo tenso cortará a la escala de la A.R y leyendo en la escala de la numeración "2", (el mismo número marcado en la estrella), veremos que la ascensión recta de Regulus es de 10 h 07 m. A continuación sin mover la perla balanceamos el hilo hasta que la perla toque el círculo del horizonte correspondiente a 40° , que está marcado con el número (2). En la escala del ángulo horario, habrá que leer en el sentido del 2 dando un valor de 6 h 42 m = $100.5^{\circ} = t^{\circ}$.

Luego, aplicando valores $\sin vt = \sin v 100.5^{\circ} (1 - \sin 30^{\circ} / \sin 62^{\circ}) = 1 - (-0.8) (1 - 0.5 / 0.88) = 1.18 (1 - 0.56) = 1.18(0.43) = 0.5$; $\sin vt = 1 - \cos t = 0.5$ y $\cos t = 0.5$. Si llevamos este valor a la escala de senos, cosenos, senos versos poniendo la perla en el valor 0.5 y lo balanceamos hasta que toque en el semicírculo del coseno, veremos que en el punto de toque, el hilo corta en la escala del ángulo horario en 60° y que convertido a horas es de 4 horas, lo que significa que es el tiempo que le separa del meridiano para alcanzar Regulus la altura de los 30° en Toledo, y que la solución es ambigua porque alcanzará esa altura 4 horas antes de llegar al meridiano y también 4 horas después de haber culminado.

Indaguemos ahora en qué momento se produce tal situación, que es lo mismo que preguntarnos a qué hora acaece tal fenómeno. Siempre nos referimos a la hora solar. Para convertirla a la hora oficial tendríamos hacer las oportunas correcciones, que ahora no viene al caso.

Según el calendario Zodiacal del dorso, la longitud eclíptica es de 330° que corresponde a la entrada en Piscis y si llevamos el hilo sobre la división que marca la entrada en ese signo, observaremos que en la escala de A.R marca 332° , grados que dividimos por 15° nos lo convierten en 22 horas 8 minutos. Luego la diferencia que hay entre la estrella Regulus y el sol, 10 h 07 m - 22 h 08m; 23 h 60m - 22 h 08m = 1h 52m; 10h 07m + 1h52m será la diferencia entre el sol y la estrella, y ésta estará retrasada con respecto al sol 11 h 59 m. Cuando Regulus no ha llegado al meridiano y tiene 30° de altura, el ángulo horario es de - 4 h, que restadas a la diferencia de A.R 11 h 59 m, arroja la hora solar de 7h59m de la tarde o lo que es igual, a las 19h59m en el momento que está ascendiendo. Cuando está descendiendo y alcanza de nuevo los 30° , el valor del ángulo horario es positivo por lo que ahora le sumaremos 4h +11h 59m= 15 h 59 m que sumadas a 12 h = 27h 59 m - 24 h = 3 h 59 m hora solar.

c) Obtención de la hora del orto y ocaso del sol.

En realidad, en el primer caso tuvimos ocasión de averiguar el arco semidiurno que sumado o restado éste a las 12 h darán la hora del ocaso y del orto respectivamente. Así el día 21 de mayo en Toledo el $t^{\circ} = 108^{\circ}$ según vimos en el ejemplo; $108^{\circ} / 15^{\circ} = 7$ h 12 m luego el orto tendrá lugar a las 12h-7h12m = 4 h 48m y el ocaso acaecerá a las 12 h +7 h 12 m = 19 h 12m.

d) Hora solar del orto y ocaso de una estrella.

Para no salirnos del ejemplo anterior deseamos saber el día 21 de mayo en Toledo, $\phi = 40^\circ$ N a qué hora solar tiene lugar el orto y ocaso de Arturus.

La A.R. de Arturus, se obtiene llevando el hilo sobre Arturus (3) el cual corta a la escala de la A.R. señalada con el número (3) en el punto que señala 14h 14m. El sol está a 30° Taurus y por el mismo proceder, su ascensión recta es de 3h 48m. La diferencia en ascensión recta es de 10h 26m. El ángulo horario de Arturus cuando alcanza el horizonte, que es lo mismo que el ángulo semidiurno de éste, según el ejemplo anterior, se realiza llevando la perla sobre Arturus hasta que toque al arco del horizonte de 40° ; en ese momento se lee en la escala de A.R. (2) su valor que siendo su lectura de 7h 8m; luego el orto de Arturus tendrá lugar a las $10h 26m - 7h 08m = 3h 18m$ PM = 15h 18m. El ocaso de Arturus sucederá a las $10h 26m + 7h 08m = 17h 34m + 12h = 29h 34m - 24h = 5h 34m$ AM.

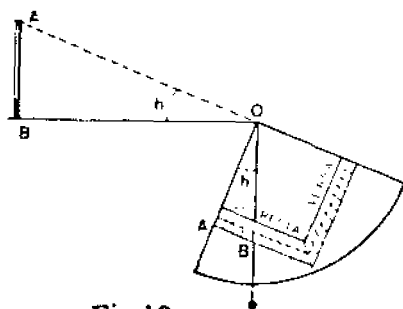


Fig.10

La escala del cuadrado de las sombras es un añadido complementario como el cuadrante vetus que figuraba en el dorso de los astrolabios planos y que se utilizaban con fines de su aplicación en topografía. Realmente es una escala de tangentes y cotangentes y que expresa la relación entre la altura y distancia de un objeto lejano.

Si se enfila con la pinulas la parte superior de un objeto, la plomada marca una posición en el cuadrado de las sombras y constituirá la hipotenusa del triángulo OBA. Los triángulos AB'O' y OBA son semejantes y se puede escribir que $AB'/BO' = AB/BO$, pero AB es conocido porque es la tangente del ángulo h y porque A y B son segmentos que están divididos en 10 partes iguales. Vemos pues que el triángulo real es reproducido en el cuadrado de las sombras como otro triángulo semejante, mas pequeño, y convenientemente graduado en el que la relación AB/BO es conocida y si se sabemos la distancia que hay al objeto, fácilmente obtendremos su altura y viceversa.

Dijimos al principio del epígrafe que el cuadrante de Profatius era un reloj de sol aunque también podía determinar algunos datos sobre los fenómenos astronómicos y entre ellos figura la obtención del ángulo del sol o estrella sobre el horizonte cuando sale o se pone. Este ángulo no es más que el ángulo que forman las tangentes de los arcos de círculo del horizonte y del descrito por la perla en su recorrido diurno, en el punto de encuentro..

Hasta aquí hemos analizado algunas de las aplicaciones conocidas en el siglo XIII, aquellas que se pueden resolver con el astrolabio plano, exceptuando las que entrañan los azimutes y altura sobre el horizonte, ya que el cuadrante de Profatius carece del trazado para representar esas funciones. Sin embargo, el hecho de contar con un trazado trigonométrico como es el semicírculo horizontal y el vertical que dan los valores de seno y coseno nos permiten resolver muchos de los problemas que se presentan en astronomía, actuando en estos casos como una regla de cálculo en los que la función seno verso se sustituye por el valor del coseno. Con estas dos funciones conoceremos también la función tangente. Digamos que es un método diferente, más moderno, de aplicación de la trigonometría esférica como por ejemplo, conocer la hora en función de la latitud ϕ y la declinación δ del astro con la fórmula: $\cos H = \sin h - \sin \phi \sin \delta / \cos \phi \cos \delta$, en vez de el seno verso del arco diurno y la altura máxima.

Su obtención queda reducida a tomar lápiz y papel y hacer una operación aritmética elemental, que conduce a una exactitud bastante aceptable dada la índole del instrumento.

En los ejemplos anteriores el valor de los ángulos seno y coseno que se imponían sobre el limbo de la escala de alturas venían dados en la escala del radio horizontal, ahora el valor resultante de las operaciones matemáticas se llevará a dicha escala y donde corte al círculo correspondiente del seno o coseno, se pone el hilo de la plomada y donde señale será el valor del ángulo buscado. Como puede verse es la operación inversa.

Veamos con unos ejemplos el procedimiento a seguir:

1) Queremos averiguar la amplitud ortiva occidua, es decir, el ángulo que sobre el horizonte separa el ocaso de la línea Este-Oeste en un día y lugar determinado, p.e. 30 agosto en Madrid (40.4).

Aplicaremos la fórmula: $\text{sen amp} = \text{sen } \delta / \cos \varphi$. Por el calendario situado en el dorso sabemos el lugar del Sol en la eclíptica para ese día (30 agosto = 8 Virgo). Ponemos la perla en el grado de Virgo (de la eclíptica) y balanceamos hasta que ésta toque la escala de la declinación que da el valor 8.8, luego la amplitud ortiva occidua será:

$$\text{sen amp} = \text{sen } 8.8 / \cos 40.4$$

Llevando estos valores a la escala de la altura en la periferia, anotaremos los valores de $\text{sen } 8.8 = .15$ y $\cos 40.4 = .76$, dividiendo $.15/.76 = .197$ en escala decimal. Como operamos con una escala de 100 partes, el valor que tenemos es de 19 partes que será donde pongamos la perla y la deslizaremos hasta que toque el círculo del seno, arrojando en el limbo y en la escala de la altura el valor de 11.5, que es la amplitud buscada. De esta fórmula se deduce que si no hay variación de la declinación ni de la latitud el valor de la amplitud será constante como es el caso de las estrellas. La insignificante variación que pudiera haber se debe a la precesión de los equinoccios que en nuestro caso se supone nula.

2) Se desea saber cual es la amplitud de Arturus. Si situamos la perla encima de Arturus y la llevamos a la escala de la declinación veremos que es de 19. Operando como antes en el caso del Sol tendremos: $\text{sen apl} = \text{sen } 19 / \cos 40.4 = .32/.76 = 42\%$. Llevando este valor a la escala del seno y fijando en él la perla la deslizamos hasta que toque al semicírculo del seno. Leeremos en la escala de la altura el ángulo buscado, 25° . Todas las noches que aparezca Arturus en el firmamento le veremos salir y ponerse a 25° al norte de la línea Este-Oeste.

Si este mismo valor lo hubiéramos llevado sobre el semicírculo vertical el del coseno, hubiéramos obtenido el azimut de 115 , contando desde el Sur, respondiendo a la fórmula: $\cos Z = -\text{sen } \delta / \cos \varphi$ y como el seno es igual al coseno del complementario, si sumamos $25^\circ + 90^\circ = 115^\circ$. Se observará ya con este ejemplo de qué forma hemos podido conocer de una manera indirecta las funciones de azimut, que no ofrece directamente el cuadrante astrolabio de Profatius. Nos hemos valido simplemente de los valores dados en el trazado trigonométrico.

3) Se desea saber a qué hora y qué altura tiene el Sol en su paso por el primer vertical, cuya proyección es la línea Este-Oeste, el día 21 de junio en un punto de latitud 40.4 (21 junio = 0° Cáncer, $\delta = 23.45^\circ$). Siguiendo la misma línea operativa, aplicamos la fórmula:

$\cos H = -\text{tg } \delta / \text{tg } \varphi$. Como no tenemos escala de tangentes lo sustituimos por la de seno-coseno quedando: $\cos H = \text{sen } \delta \cos \varphi / \cos \delta \text{ sen } \varphi = .4 \times .76 / .91 \times .64 = 52\%$ en nuestra escala, valor que es llevado por medio de la perla al semicírculo del coseno; en el punto de contacto y por medio del hilo, en la escala de la altura da 58.5 que dividido por 15 (valor de 1 hora) nos dará en tiempo el número de horas y fracción; $3.9\text{h} = 3\text{h } 54\text{m}$ (hora solar). Dato de utilidad topográfica y orientativa porque nos está indicando que a las 3h 54m antes o después del mediodía, la sombra de nuestro cuerpo caerá en el horizonte encima de la línea Este-Oeste. Si es a las 3h 54m de la tarde señalará el Este y si es a las 8h 06m de la mañana señalará el Oeste.

Se nos pide la altura del Sol en ese instante. El cuadrante no tiene almicantaradas (círculos de altura) pero como $\text{sen } h = \text{sen } \delta / \text{sen } \varphi$, tendremos: $\text{sen } h = .4/.64 = 62\%$ que corresponde a un ángulo de 38° , es decir su altura sobre el horizonte. Ahora hemos llevado 62 sobre el círculo horizontal (del seno). También es cierto que sabiendo ese instante, la hubiéramos podido tomar con el instrumento y, como es evidente, el valor tomado tiene que ser igual a 38° tanto a las 8h 06m como a las 15h 54m. Recuérdese que solamente hay paso por el primer vertical en primavera y verano.

4) También podemos averiguar la latitud en que nos encontramos si aplicamos el método de los antiguos navegantes. solo se necesita saber el día de observación, p.e. el 21 de junio. Tomamos la altura cerca de las 12 horas y cuando sea máxima, será cuando el Sol está en su culminación. Nos encontramos que esa altura máxima es de 73° , luego la distancia cenital será $90-73 = 17^\circ$; por tanto la latitud $\varphi = 17 + \delta = 17 + 23.45 = 40.45^\circ = 40^\circ 7' N$ (El valor de δ es positivo en los meses de primavera y verano).

5) Ahora se desea conocer, para la misma fecha y lugar, la duración del día lo que equivale a conocer el arco semidiurno. Esto lo proporciona directamente el cuadrante poniendo la perla en 0 Cáncer (21 junio) y deslizándolo hasta que toque el arco de (40) de horizonte dará un ángulo horario de 111.5, equivalente a 7h 25m al dividirlo entre 15. La duración del día será pues el doble de 7h 25m; 14h 50m.

A título de curiosidad y como comprobante podemos obtenerlo indirectamente, pues $\cos H = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi = -\operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} \varphi / \cos \delta \cos \varphi = .64 \times .40 / .91 \times .76 = .25 / .69 = -36\%$ de la escala de 100, que llevadas mediante la perla hasta que toque al círculo vertical, del coseno, y como el valor es negativo, significa que el valor del ángulo es mayor que 90° y por tanto debe leerse en la escala (2) $111.5 = 7h 25m$.

Si queremos averiguar el valor de una hora desigual sólo tenemos que dividir por 12 la duración del día, $14h 50m / 12 = 1h 14m 10s$. Si para ese día nos piden la hora temporal que será a las 15 horas equinocciales, sólo tenemos que dividir $45^\circ / 18^\circ.5$ (convertidas ambas en grados) = 2h 43 es decir, que estará la perla en el trazado de las horas temporales entre las VIII y las IX y si nos solicitan el valor del ángulo del punto de corte del hilo de la plomada con el limbo de la altura, cuando sea ese instante, sólo tendríamos que saber la altura del Sol a las 15 horas (45°). Aplicamos la fórmula:

$$\operatorname{sen} h = \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H = \operatorname{sen} 23.45 \operatorname{sen} 40.4 + \cos 23.45 \cos 40.4 \cos 45 =$$

$40 \times .64 + .91 \times .76 \times .70 = 74$ partes de la escala, que llevada al semicírculo horizontal mediante la perla, corta al limbo en la escala de altura en 48.5 que es la altura del Sol en Madrid a las 15 horas. Esta sería la altura del Sol si la hubiéramos tomado con el cuadrante en ese instante. Nótese la importancia del trazado trigonométrico que es capaz de dar la altura en un día nublado o sin salir de casa.

6) Se puede utilizar a manera de Nocturlabio para saber la hora nocturna. Si se emplea una estrella circumpolar cuando pasa por el meridiano inferior, dará la hora, que será igual a la diferencia ascensional de la estrella y la del Sol ese día. Por ejemplo, cuando Shedar, α de Casiopea, esté en el meridiano inferior, cosa que sabremos colocando una plomada y situándonos detrás de modo que tape a la estrella Polar y precisamente cuando tape simultáneamente, a Shedar es señal que está en su culminación inferior. Si conocemos la ascensión recta de Shedar (0h 39m) y la del Sol el día 5 de mayo, 15 Taurus (A.R. = 3h), cuando pase Shedar por el meridiano inferior se tendrá:

$$0h 39m (\text{A.R. de Shedar}) - 3h = 24h 39m - 3h = 21h 39m.$$

Si se opta por otra estrella fácilmente identificable como Dubhe de la Osa Mayor, el día 19 de noviembre en que la ascensión recta del Sol (29 Escorpio) 16h la diferencia ascensional de la estrella y del Sol dará la hora nocturna, en este caso $11h - 16h = 11 + 24h - 16h = 19h$ (hora solar).

Si se trata de una estrella que no es circumpolar y deseamos saber la hora en que pasa por el meridiano superior, a la diferencia entre las ascensiones rectas tendremos que sumarle 12 horas. Por ejemplo, se desea conocer la hora en que Altair (A.R. 19h 50m) pasa por el meridiano superior el día 21 de junio (A.R. del Sol, 6h); $19h 50m - 6h + 12h = 1h 50m$.

7) Otra cuestión es cuando se nos pide la hora solar que corresponde al ocaso o al orto de una estrella, porque las diferencias de ascensión recta se miden sobre el ecuador y cuando se trata de un meridiano y no interviene para nada el horizonte oblicuo, se puede establecer la diferencia de ambas ascensiones sin más, pero al intervenir el horizonte oblicuo tendremos que intervenir de manera diferente.

Suponemos que queremos saber la hora del ocaso de Altair (A.R. 19h 50m) el día 3 de septiembre (A.R. del Sol ese día, 12 de Virgo, 11h) en el horizonte de Madrid (40.4) según el cuadrante. La diferencia de ascensiones será 19h 50m - 11h = 8h 50m. Tenemos que conocer el ángulo horario del arco semidiurno de la estrella Altair, bien directamente poniendo la perla encima de Altair y desplazándola hasta que toque el horizonte de 40 y leyendo en el limbo del ángulo, horario 98° o bien a través del cálculo de $\cos H = \sin \delta \sin \varphi / \cos \delta \cos \varphi$.

Altair $\delta = 9^\circ$, según el instrumento, $\cos H = -\sin 9 \sin 40.4 / \cos 9 \cos 40.4 = 15 \times .64 / 98 \times .76 = -12$ partes y al ser el coseno negativo, el ángulo es superior a 90°.

Colocando la perla en la escala del seno-cosenos en el 12 y deslizándola hasta que toque el semicírculo vertical (el del coseno) se lee en la escala periférica de altura, observando que el hilo de la plomada la corta en 98° = 6h 32m, luego la hora solar será la suma de 12h + 6h 32m + 8h 50m = 27h 22m - 24h = 3h 22m (hora solar).

8) Otra pregunta ligada a la anterior sería si será visible el ocaso de Altair en un día determinado. Prescindiendo de las condiciones atmosféricas, fenómenos de refracción y accidentes orográficos y nos limitamos solamente en el plano teórico, como ensayo de las posibilidades del cuadrante. Aunque el cuadrante carece de línea crepusculina, indirectamente podemos determinar la hora de los crepúsculos, así como la duración de los mismos como veremos a continuación. Nos referimos al crepúsculo astronómico (el que se produce cuando el Sol se encuentra 18° por debajo del horizonte).

¿Será visible la puesta de Altair en el horizonte de Madrid (40.4) a las 5 horas del día 10 de agosto? Ocaso de Altair: 12h + AH (Ángulo Horario) 6h 32m + dif. AR (19h 50m - 9h 20m) = 12h + 6h 32m + 10h 30m = 29h 2m - 24h = 5h 2m. Hora del orto del Sol ese día 12h - A.H. (ángulo horario del arco semidiurno). Directamente a través del instrumento 18 Leo hasta que corte al limbo periférico de la altura en 103 o mediante el cálculo $\cos H = -\sin \delta \sin \varphi / \cos \delta \cos \varphi$. El 10 de agosto -18 Leo - $\delta = 15.5$; $\cos H = .26 \times .64 / 96 \times .76 = -17.3 / 73 = -23$ partes que llevadas al semicírculo vertical da en la escala de altura 103:15 = 6.88h = 6h 54m. Si a 12 horas le restamos el ángulo horario que corresponde al arco semidiurno tendremos la hora del orto del Sol el día 10 de agosto para el punto de latitud como Madrid; 12h - 6h 54m = 5h 6m lo cual nos está indicando que el Sol sale 6 minutos después de haberse puesto Altair, por lo que no será visible. Para que pudiera verse la puesta, el Sol debería estar al menos 18 por debajo del horizonte (crepúsculo astronómico) que es cuando hay oscuridad plena que permite ver los astros. Entonces a que hora se produce el crepúsculo matutino y cuanto dura. Si aplicamos la fórmula del ángulo horario correspondiente al crepúsculo astronómico tendremos;

$$\cos H' = \cos h - \sin h \sin \varphi / \cos \delta \cos \varphi.$$

No queremos pecar de reiterativos en la obtenciones de las funciones del seno coseno y nos limitamos a sustituir los valores; $\cos H' = \cos (90+18.5) - \sin 15.5 \sin 40.4 / \cos 15.5 \cos 40.4 = -.30-.64 \times .26 / 96 \times .76 = -.47 / 73 = -.64\% = 130 / 15 = 8.67h = 8h 40m$ (ángulo horario correspondiente al crepúsculo astronómico). Hora del crepúsculo matutino = 12h - 8h 40m = 3h 20m. Duración del mismo: 5h 6m - 3h 20m = 1h 46m = 106 minutos.

9) ¿Se le puede pedir un azimut al cuadrante de Profatius si carece de trazado de verticales? Por el método indirecto se puede calcular el azimut de un astro a una hora dada. Se nos pide el valor del azimut que tendrá el Sol el 21 de junio a las 15 horas en un punto de latitud 40.4 y longitud 14m 45s. Las 15h del Sol son las 17h 16m de tiempo oficial. Si se toma directamente la altura del Sol en ese instante o bien, se calcula mediante la fórmula:

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H; H=45^\circ; \delta=23.45^\circ.$$

Sustituyendo valores; $\sin h = .40 \times .64 + .91 \times .76 \times .70 = 75\%$ equivalente a 48.5° y este valor obtenido directa o indirectamente se lleva a la fórmula $\cos A = \sin \varphi \sin h - \sin \delta / \cos \varphi \times \cos h = .64 \times .75 - .36 / 76 \times .66 = .48-.39 / 50 = 18\%$ que llevadas al semicírculo del coseno y viendo donde corta la prolongación de la plomada da un valor de 80° contados desde el sur hacia el oeste.

Madrid 2 de mayo 1995. •

Insertamos un artículo que fue redactado hace más de un año por nuestro querido amigo J. Velilla, frecuente colaborador y miembro fundador de la Asociación y del cual hemos de dar, desgraciadamente, la noticia de su reciente fallecimiento. Se trata de un original reloj solar diseñado por Pierre Casal, profesor de la Universidad de Marsella. En este artículo se justifica matemáticamente su construcción.

RELOJ DE SOL EN UNA COPA DE CRISTAL

J. VELILLA

El profesor de la Universidad de Marsella M. Pierre Casal propuso la construcción de un original reloj de sol, utilizando una copa de cristal, según puede verse en la adjunta figura 1.

El eje VH debe disponerse paralelamente al eje del mundo. El dispositivo de sujeción ha de permitir que la copa pueda girar alrededor de su eje con facilidad.

En un punto C de una de sus generatrices se practica un pequeño orificio, que puede substituirse

por una cruz o una pequeña circunferencia pintada sobre la superficie externa de la copa. (Fig 1 y 2)

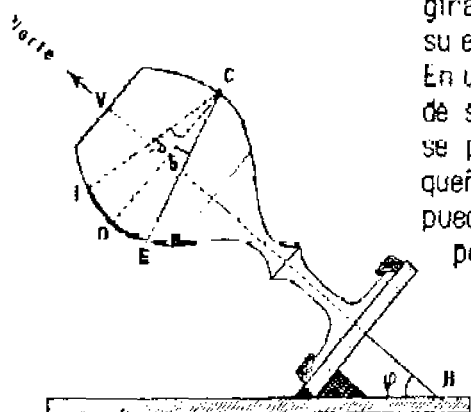


Fig. 1

Podemos conseguir mediante un giro adecuado de la copa que el rayo solar que pasa por este punto incida en un punto de la generatriz opuesta, sobre la que se ha dibujado una escala que tiene en cuenta las diversas declinaciones del Sol según los días del año (Fig 3)

Sobre esta escala IE que llamaremos "generatriz de fechas" se puede señalar el día primero de cada mes, o de cada quincena, decena o semana.

La copa así preparada se coloca en un soporte auxiliar que, como ya hemos dicho debe mantener su eje paralelo al del mundo y permitir el giro alrededor de este eje.

Una vez adoptada esta disposición del conjunto podemos observar los siguientes hechos:

- La generatriz de fechas IE , el eje VH de la copa y el orificio C se encuentran en un mismo plano, al que llamaremos "Plano bisector".
- El eje de la copa apunta al Polo Norte y está contenido en el plano meridiano local, por cuyo motivo forma con el plano horizontal un ángulo ψ igual a la latitud del lugar.

Se introduce dentro de la copa una pequeña bolita metálica que pueda rodar libremente en su interior.

Cuando se haga girar la copa alrededor de su eje la bolita rodará por su interior describiendo una circunferencia (Fig 2) que estará situada en un plano perpendicular al eje de la copa, o lo que es equivalente, en un plano paralelo al del Ecuador.

Esta circunferencia que llamaremos "horaria" será dividida mediante arcos de 15° en 24 partes iguales, que representarán las 24 horas del día.

Las numeraremos partiendo del punto de intersección con la generatriz de fechas, a la que asignaremos la hora 12 -mediodía-. A su derecha se marcarán sucesivamente los puntos correspondientes a las horas de la mañana: 11; 10; 9;.....etc. y a su izquierda las de la tarde: 1; 2; 3.....etc. Realmente esta circunferencia es análoga y tiene las mismas divisiones que la de un reloj ecuatorial.

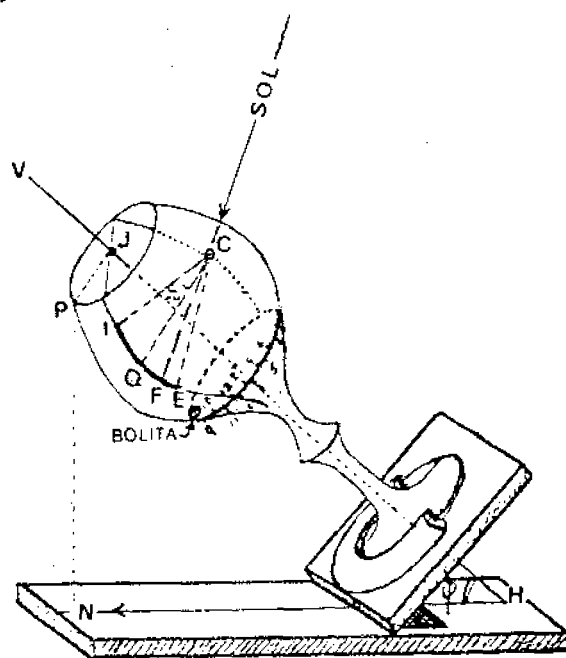


fig. 2

Con esta disposición, cuando giremos la copa alrededor de su eje y hagamos incidir el rayo de Sol que atraviesa el orificio C en un punto de la generatriz h de fechas, la bolita habrá rodado sobre la circunferencia horaria, deteniéndose en el punto más bajo, lo que nos permitirá obtener dos

informaciones diferentes y complementarias:

- El punto de incidencia E del rayo solar sobre la generatriz de fechas nos indicará la fecha del año.
- La hora solar vendrá señalada por la posición de la bolita sobre el círculo horario.

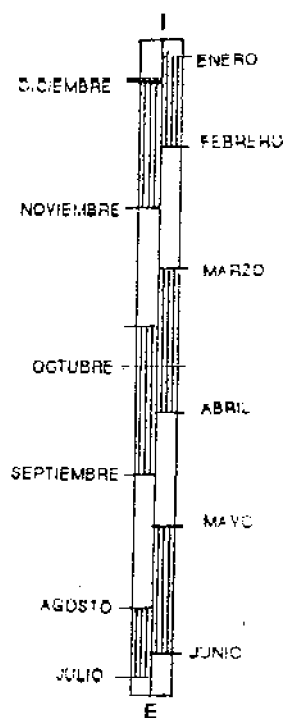


Fig. 3

Debemos advertir que a cada punto de la generatriz de fechas corresponden dos fechas diferentes, una para el Invierno o Primavera y la otra para el Otoño o Verano. Pero es muy fácil aclarar esta dualidad ya que se conoce, como es natural, la estación del año en la que estamos operando.

Observamos que, una vez situada la copa en esta posición, se cumplen estas nuevas propiedades:

- El centro de la bolita y el eje de la copa definen siempre el plano meridiano del lugar $HNPU$.
- El plano horario del Sol está materializado por el Sol y el eje de la copa JH .
- Cuando el rayo de Sol que pasa por el orificio C coincide con la generatriz de fechas el plano horario contiene, además del Sol y el eje de la copa el orificio y la generatriz de fechas completa.
- El rayo solar que atraviesa el orificio forma con el eje de la copa un ángulo $\beta = 90^\circ - \delta$, siendo δ la declinación del Sol del día de la observación (fig 4)

Por consiguiente el reloj diseñado en esta copa funciona como un Reloj Solar y es a la vez Calendario, por lo que al reunir estas dos cualidades es un reloj AUTO-ORIENTABLE, como vamos a ver a continuación:

Cuando este reloj esté orientado se verifica que:

1º - Al girar la copa sobre su eje HJ el orificio C describe una circunferencia sobre el plano del Ecuador cuyo centro estará sobre el eje HJ .

2º - El punto E sobre el que incide el rayo de Sol en la generatriz de fechas, describirá otra circunferencia paralela a la anterior, que tiene su centro O , también sobre el eje de la copa.

Esta circunferencia será la base de un cono, de centro O' , cuya generatriz $FO'C$ forma con el eje JH un ángulo $HO'C = 90^\circ - \delta = \beta$.

3º - La bolita, a su vez, describirá la circunferencia horaria que, como ya hemos visto, es también paralela al Ecuador.

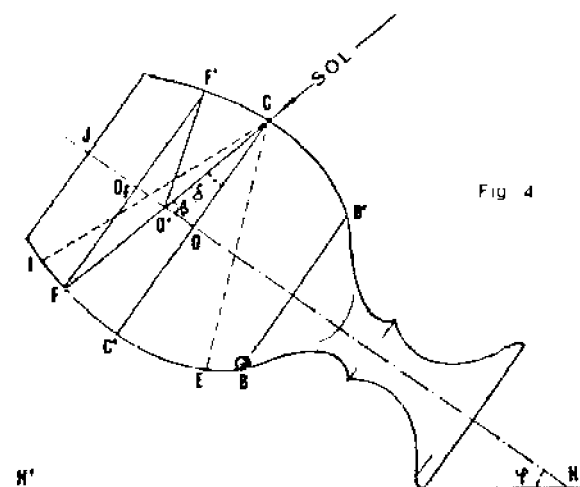


Fig. 4

Si movemos el soporte de la copa sobre un plano horizontal HH' y giramos aquella sobre su eje, hasta conseguir que el rayo de sol incida en el punto F (que representa la fecha del día de la operación), habremos orientado el reloj. Pues:

- El eje de la copa forma con el horizonte un ángulo ϕ igual a la latitud, y la bolita se encuentra en un punto de la circunferencia horaria.
- El Sol, el punto C , el eje de la copa y la línea de fechas JE están en un mismo plano: el meridiano en el que se encuentra el Sol.
- El ángulo FCC' es $FCC' = \delta$, del momento de la observación.
- Al girar la copa alrededor de su eje, el punto E describirá una circunferencia cuyo plano será perpendicular al eje de la copa. Y la recta $O'C$ describirá una superficie cónica, de eje JH , cuya semiapertura es precisamente $90^\circ - \delta = \beta$.
- El rayo de sol $CO'F$, en su giro diurno, describirá esa misma superficie, puesto que el ángulo que forma "permanentemente" durante ese día con el eje de la copa es $90^\circ - \delta$.

El eje de ambas superficies cónicas -que es el de la copa- coincide, en consecuencia con el eje del mundo, y el reloj ESTÁ ORIENTADO. JYM ■

La revista "Aster", órgano de difusión de l' Agrupació Astronòmica de Barcelona publica en su número 124 un artículo titulado "UNA ESFERA Y EL SOL NOS DAN LA HORA EXACTA". Su autor es A. Masó Díaz, miembro de la Societat Catalana de Gnomònica y de nuestra Asociación, en la que es colaborador muy frecuente del Boletín "Analema". Reproducimos a continuación un resumen de dicho artículo

ML

UNA ESFERA Y EL SOL NOS DAN LA HORA EXACTA

A. MAJO DIAZ

Una esfera, iluminada por el Sol puede darnos mucha información: además de la hora local podemos observar las regiones en las que es de día o de noche, amanecer o anochece, observar los crepúsculos matutino o vespertino, qué Polo está en pleno invierno, países en los que es mediodía, la diferencias horaria entre dos países, horas itálicas y babilónicas, etc. Es una forma didáctica de ver como transcurre el día y observar la influencia del Sol en las diferentes estaciones.

Si tomamos una esfera, o mejor un Globo Terráqueo y la colocamos de modo que su eje sea paralelo al eje terrestre tendremos un modelo reducido de la Tierra, que recibirá del Sol la misma iluminación que ésta en cada instante.

En este pequeño globo podemos observar con exactitud todos los fenómenos que se derivan de la posición del Sol con respecto a la Tierra: Iluminación, Día y Noche, Estaciones, etc.

Si trazamos 24 meridianos y se numeran consecutivamente, con las XII horas situadas en el punto determinado por la intersección del Ecuador con el Plano Meridiano, podemos utilizarla como reloj solar, observando las cifras señaladas por el límite entre las partes iluminada y en sombra

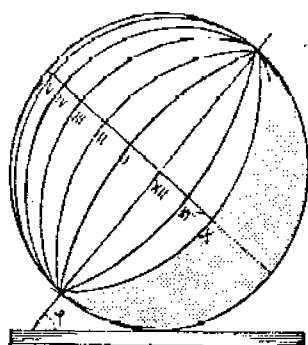


Fig. 1

Este modelo de reloj solar es poco conocido ya que su utilización no es muy anterior a l' siglo XVII.

Existe un ejemplar de este tipo de reloj solar en el Parque de la Ciudadela, en Barcelona.

Se instaló con motivo de la Exposición Universal de Barcelona de 1929 y se trata de una columna-observatorio meteorológico en la que se había montado un barómetro, termómetro y otros instrumentos y tablas de datos de observaciones meteorológicas, que han desaparecido o se han degradado en el transcurso de estos 70 años.

La columna está rematada con una esfera que presenta la línea ecuatorial y en ella grabados una serie de numerales romanos.

En Sant Julià de Vilatorrada (Osona) existe otro reloj análogo en el jardín del Colegio del Roser.



Fig. 2 RELOJ ESFERICO DEL PARQUE DE LA CIUDADELA

Otra solución es la siguiente: Coloquemos en la línea ecuatorial, cada 15°, unas pequeñas varillas que sobresalgan unos centímetros; en este caso la hora vendrá indicada por la varilla cuya sombra sea más corta. La numeración en este caso deberá ser desplazada, situando las VI horas donde anteriormente colocábamos las XII hora siguiendo con la I, II, III, IV etc. hacia la izquierda y las XI, X, IX .. hacia la derecha

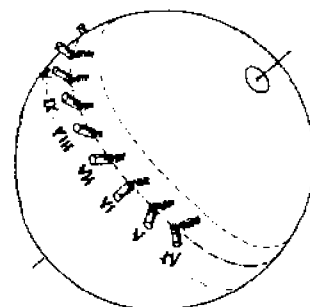


Fig. 3

Una tercera solución sería colocar una delgada lámina metálica que esté articulada y pueda girar alrededor del eje.

Para saber la hora solar, haremos girar esta lámina hasta que no arroje sombra sobre la esfera. En ese momento la hora vendrá indicada por su posición sobre el meridiano numerado.

Con estos relojes se halla la hora solar local. Haciendo girar la esfera es posible tener en cuenta las correcciones debidas a la diferencia de longitud, a la Ecuación

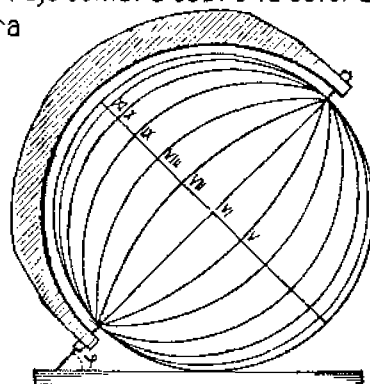


Fig. 4

del Tiempo, y al horario modificado de Invierno o Verano, obteniendo de este modo la hora oficial.

RESEÑA DE PUBLICACIONES

Título:	KATALOG DER ÖRTSFESTERN SONNENUHREN IN ÖSTERREICH
Signatura:	ISBN (?)
Páginas:	144
Tamaño:	16 x 23,5 cm.
Edita:	Österreichischer Astronomischer Verein. 2ª Edición 1993
Imprime:	OffsetBuchdruck Gassler, Innsbruck
Idioma:	Alemán
Prólogo:	Johann Albrecht
Autor:	Karl Schwarzwinger
Precio:	(?).

El libro que se reseña constituye un repertorio o inventario de los relojes de sol catalogados en Austria hasta el año 1993.

Está patrocinado por la Asociación Astronómica de Austria, una de cuyas secciones se dedica a los relojes solares.

El autor nos indica, en su "Introducción", que existen más de dos mil relojes solares en este país, muchos de los cuales tienen varios centenares de años de antigüedad, no obstante lo cual siguen mostrándonos la hora. Constituyen un valioso patrimonio cultural cuya conservación presenta un interés excepcional para su Asociación.

Expone seguidamente una breve historia de los relojes solares "fijos" (ortsfesten sonnenuhren) o sea de los relojes trazados sobre muros o construcciones estables en una localidad determinada.

Indica que en la Edad Media se utilizaban generalmente horas desiguales, obtenidas dividiendo en doce parte el tiempo transcurrido desde la salida a la puesta del Sol. Se conservan pocos ejemplares de este tipo, debido a las obras de reforma y reconstrucción de las iglesias y conventos.

Durante el siglo XV empiezan a aparecer los relojes mecánicos, y consecuentemente las horas desiguales se van abandonando, adoptando paulatinamente las equinocciales.

El famoso astrónomo Puerbach, que estudió en Viena, construyó en 1453 uno de los más antiguos relojes de Austria en el que se emplea el gnomon paralelo al eje del mundo. Cita también otro reloj solar, en Waldhausen, datado en 1474.

En los siglos XVI y XVII aumenta el número de relojes "de ruedas". Coexisten con los solares que se utilizan para ajustar la irregular marcha de estos primitivos artilugios mecánicos.

A continuación figura un capítulo dedicado a la Gnomónica, donde se explican en qué se funda un reloj solar; la medida del tiempo en horas antiguas o temporales, itálicas, babilónicas y planetarias; el tiempo medio y los diversos husos horarios.

Analiza diversos tipos de cuadrantes solares especializados, y se refiere también a las horas lunares y a los relojes analemáticos.

En el catálogo figura una serie de referencias codificadas que permiten resumir en pocas líneas las principales características de los relojes:

Para una valoración cualitativa resumida utiliza el conocido sistema del Baedeker, de * a ****

La localización geográfica comienza con las cuatro cifras del código postal austriaco, complementadas con indicaciones más precisas: población o paraje, edificio y situación, como es usual.

Entre las características principales se detalla el tipo: horizontal, vertical, declinante (indicando en este caso el azimut del plano del cuadrante), ecuatorial, etc.

Asimismo indica el sistema horario utilizado: horas antiguas, itálicas, babilónicas, tiempo medio o tiempo verdadero local.

Señala el tipo de numerales utilizados: arábigos, góticos, romanos, y la leyenda, si tiene alguna.

Si en el reloj aparecen líneas que se refieran a funciones especiales, se hace referencia de las mismas mediante las correspondientes anotaciones.

Se indica el tipo de construcción: pintura, fresco, esgrafiado, relieve, mosaico, esculturas y adornos y su estado de conservación, y si es conocido, el nombre del constructor y la fecha de construcción o restauración y.

Como es natural también se expresa el tipo y material del gnomon, incluyendo una abreviatura (P Falsh) cuando el gnomon no está correctamente montado, o no es de tipo adecuado.

Todos estos datos se codifican mediante una clave formada por 90 abreviaturas, que generalmente corresponden a las primeras letras de la palabra referencial en el idioma alemán, permitiendo así la descripción sintética de las principales características del reloj en dos o tres líneas de texto.

En los cuadros estadísticos figuran el número de relojes solares, catalogados por tipo y departamento administrativo. Asimismo aparecen clasificados según el siglo en que fueron construidos.

Como resumen indicamos que han sido identificados y reseñados 2220 cuadrantes, de los cuales 2153 son verticales, 21 horizontales, 42 ecuatoriales y 4 de otros tipos. M.L.

LITERATURA Y GNOMONICA

P. DANTILLO

1. SHAKESPEARE Y LOS CUADRANTES

En esta misma Sección del Boletín "Analema" Nº 2 se aludía a un reloj de sol portátil, que aparece en el Acto II, escena 7 de la comedia de Mr. Shakespeare *As You Like It*.

J. Moreno nos comunica que en *King Henry VI*. (act II sce. V) también se cita a los relojes de sol:

.....
To sit upon a hill, as I do now
To carve out DIALS quaintly, point by point
Thereby to see the minutes how they run
How many make the hour full complete
How many hours brings about the day
How many days will finish up the year
.....

La traducción de Astrana Marín, (publicada en 1928 por Espasa-Calpe, Colección Universal), es:

..... me contentaría con sentarme sobre una colina, como estoy sentado aquí ahora; con trazar CUADRANTES artificiosamente, línea por línea; mirar como corren los minutos, luego contar cuantos son precisos para completar una hora, en cuantas horas se acaba el día, en cuantos días llega a su término el año

No obstante el respeto debido a la autoridad de L. Astrana Marín, la traducción no nos parece muy acertada en cuanto al término "artificiosamente"

Como puede observarse, el rey Enrique, en sus tribulaciones, no solamente añora la vida de los constructores de cuadrantes sino que también desarrolla un programa bastante completo para investigar los fundamentos del calendario solar ...

2. MAS SOBRE ALICIA Y EL "JABBERWOCKY"

En el anterior número de "Analema" se presentó un artículo sobre la rara fauna de "Toves" y "Borogoves", que pululan entorno de los relojes solares, según nos indica L. Carroll.

Sorprendentemente esta fantástica narración ha llamado la atención de algunos de nuestros lectores, que nos han enviado sus "traducciones" o



interpretaciones del poema escrito por el reverendo Dodgson y explicado por Humpty-Dumpty.

En el mencionado artículo se insertaban las versiones inglesa, francesa, alemana, castellana y catalana de la primera cuarteta de este poema épico "Jabberwocky". Nuestro ilustre, y muy ilustrado amigo J.M. Vallhonrat, velando por la pureza de su idioma materno, algo maltratada en aquel artículo, nos envía una depurada versión al catalán:

Xerrallances

Era grillhora i les toves llisganxoses
esgarrinxant dins dels quadrants, tregirpunxaven
les borogoves, com mai sempre estaquillores
que fagastoses ratporcutes xancrejaven

El significado, y etimología (?) de estos neologismos (o más bien palabras mutantes híbridas, y por lo tanto sin descendencia) es el siguiente:

Xerrallances: Charloteo tanti-loco

Era grillhora: Era la hora en la que cantan los grillos, o era la hora de empezar a preparar la parrilla, o ambas cosas.

Les toves llisganxoses (lliscoses+ enganxatoses) los "toves" resbaladizos y pegajosos

Esgarrinxant dins dels quadrants: rasgando y arañando dentro de los relojes de sol.

Tregirpunxaven les borogoves: trepanaban, giraban, y pinchaban los "borogoves"

Com mai sempre estaquillores: que, como siempre, estaban plantados como estacas astilladas

Que fagastoses: (fastigosos+gatoses) plantas todo espinas; asquerosas y pinchosas

Xancrejaven: (Xancre, erizar, guerrear), infectaban, gritaban- ladraban- atacaban

Una versión italiana, también de J. Vallhonrat, es:

Era grigliora ed i tovi struccioncollati
grattando i quadranti, trapagirforavano
i borogovi, com mai sempre steccoscheggianti
che nauseospini ratporcotti cancrulavano

Finalmente, el mismo autor nos ofrece una nueva versión al castellano:

Era grillhora y los toves resbalijosos
intercuadrantes rasghozado, tregirchaban
los borogoves, siempre estaquillosos,
que asquerinchosas raticordas changritaban

i Y aún otros dos lectores nos han remitido sendas "traducciones" al castellano (?), distintas de la que fué publicada en el "Analema" 13!

Nota de la Redacción: Rogamos a nuestros lectores que nos avisen, si ven alguna "tove" bajo un reloj de sol, o un "borogove" posado en su gnomon. M.L.

NOTAS Y COMENTARIOS

NECROLOGICA

Sentimos comunicar a nuestros lectores la triste noticia del fallecimiento de nuestro querido amigo

D. JAIME VELILLA MOROS.

Fue Coronel de Artillería, un gran soldado que entregó a su profesión militar todo su entusiasmo y dedicación, hombre íntegro en todas sus actividades; buen padre de familia, amigo de sus amigos, culto, comprensivo y de trato afable, por cuyas cualidades deja un gran vacío entre los miembros de nuestra Sociedad.

Socio Fundador de la Asociación de Amigos de los Relojes de Sol y tesorero de la misma, asistió como vocal de la Junta a todas sus reuniones, aportando sus conocimientos y experiencia para la solución de los problemas que se presentaron en el periodo inicial de nuestra Asociación. Ha sido colaborador asiduo de este Boletín

Descanse en Paz

2. TABLA DE DECLINACIONES MAGNETICAS

En la última página (25) de este Boletín se inserta una tabla con los valores de la declinación magnética para el año 1996.

Estos valores de la declinación pueden servir para la correcta orientación de un reloj solar horizontal, o para una determinación rápida y bastante aproximada de la meridiana, siempre que se emplee una brújula declinatoria de dimensiones suficientes.

La tabla ha sido actualizada partiendo de datos del Instituto Geográfico, y coincide, en general, con los valores de la declinación señalados en las hojas del Mapa Nacional a escala 1/50.000

En la página 24 del Boletín "Analema" 9 figuran los fundamentos de los cálculos y las instrucciones para la utilización de estas tablas.

El orden de precisión que puede obtenerse por intercalación es de $\pm 0,1$ grados sexagesimales, que es suficiente para la mayoría de las aplicaciones usuales de determinación de la Meridiana.

Rogamos a nuestros lectores que hayan utilizado estas tablas, que efectúen una comprobación de las mismas por sistemas más exactos y nos envíen una nota con las diferencias angulares obtenidas, con objeto de poder corregir y mejorar en ediciones sucesivas los valores calculados de la declinación.

3. DE ICONOGRAFIA

En números anteriores de nuestro Boletín se comentó el escaso número de cuadrantes solares, o relojes de sol que aparezcan en cuadros, grabados, o ilustraciones, y en general en alguna de las representaciones de las artes gráficas o plásticas, exceptuando los propios tratados de gnomónica o enciclopedias matemáticas del siglo XVIII, como es natural.

Contrasta este hecho con la abundancia iconográfica de imágenes de otros instrumentos, relojes de arena, relojes mecánicos, etc. que han sido aceptados unánimemente como símbolos visibles del paso del tiempo.

No obstante algunos asociados nos han remitido una serie de datos, e incluso reproducciones, de cuadros y grabados de grandes maestros de la pintura donde sí aparecen imágenes de cuadrantes o relojes solares, incluyendo los astrolabios como tales relojes.

Desafortunadamente nuestro modesto sistema de impresión no nos permite reproducir adecuadamente las ilustraciones y fotografías recibidas, por lo que reservamos este valioso material para tiempos venideros, cuando nos sea posible publicar "Analema" en resplandeciente color.

De todas maneras damos gracias a las personas que se han tomado la molestia de remitirnos estas fotografías o enviarnos datos de las mismas.

4. RECORTABLES

Algunos lectores de nuestro Boletín nos han remitido cuadrantes solares recortables, de muy ingenioso diseño, que están a disposición de los lectores de esta Revista que deseen una fotocopia.

A. Angulo presentó un reloj horizontal con las curvas de corrección incluidas, y que por lo tanto permite leer directamente la hora legal, en lugar de la solar. Está calculado para la latitud de $40,44^\circ$

M. Lombardero construyó un recortable que denomina "Reloj Bifilar sin hilos", adaptable para cualquier latitud, de 30° a 50° .

M. Majó nos recomienda el siguiente libro:

THE GREAT SUNDIAL CUTOUT BOOK
Robert Adezma
67 A Ludlow Lane
PALISADES NY 10964 - U.S.A

También nos ha remitido un recortable que permite, con cierta dosis de habilidad manual, construir una esfera y su índice móvil, o sea el reloj esférico que se menciona en este mismo boletín.

J. de la Calle expone en este artículo los principios fundamentales de la proyección estereográfica, aplicados al trazado y construcción de los astrolabios clásicos. No obstante la forma sintética y resumida en que son presentadas, sus fórmulas matemáticas son de fácil comprensión y utilización. ML

GEOMETRIA BASICA DEL ASTROLABIO PLANO J. DE LA CALLE

Desde la Edad Media se buscaba un dispositivo que permitiera relacionar el cielo estrellado con la posición de un observador en un punto de la Tierra para poder determinar, por ejemplo, cuando sale o se pone una estrella sobre el horizonte.

Una posible solución consistiría en disponer de una esfera que simule a la celeste y que de alguna forma permitiera ver en su interior a otra que contenga las coordenadas terrestres referidas a un lugar. Tal solución presentaría muchos inconvenientes de construcción, sería incómoda de manejar y además costosa de construir, como lo era la esfera armilar.

La solución encontrada entonces fué el astrolabio plano que consiste en utilizar una adecuada proyección de las esferas sobre superficies planas y hacer que puedan girar sobre un eje común.

El sistema utilizado para la representación de las esferas es la proyección estereográfica que según muestra la figura 1 consiste en proyectar los puntos de la esfera sobre un plano que pasa por el ecuador celeste, aunque puede ser otro plano cualquiera, siendo el punto de visión el Polo Sur. Se suele llevar el dibujo hasta la proyección del trópico de Capricornio porque en la zona entre los trópicos se encuentran siempre el Sol, los planetas y las estrellas de más brillo.

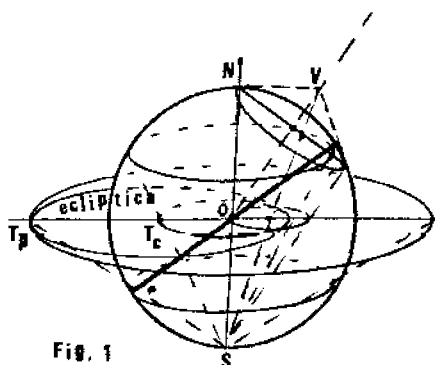


Fig. 1

La proyección estereográfica goza de dos propiedades que tienen el mayor interés:

1) Un círculo cualquiera dibujado en la esfera se proyecta en la superficie plana también como un círculo. Esta propiedad es muy importante para el trazado del astrolabio porque todas las líneas de interés son círculos en la esfera, tales como los meridianos, paralelos, eclíptica etc. y al proyectarse como círculos se dibujan fácilmente en el plano. Hay que hacer notar que el centro del círculo proyectado no es la proyección del centro del círculo dibujado en la esfera sino que es la proyección del vértice del cono que le circunscribe.

2) El ángulo formado por dos tangentes en un punto de la esfera se proyectará en la superficie plana con el mismo valor angular. Esto permite que se marquen con gran facilidad las divisiones de los arcos proyectados en el plano.

La estructura del astrolabio consta de un disco soporte llamado "madra" de grosor suficiente para que por vaciado pueda alojar dos discos delgados, sujetos por un eje común, según se aprecia en la figura 2.

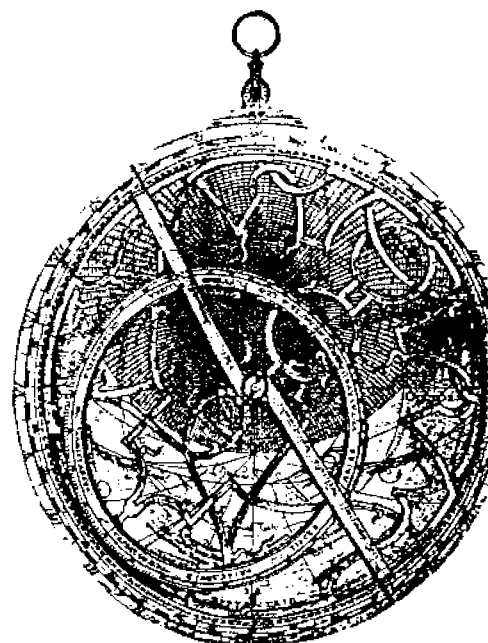


Fig. 2

El disco exterior representa a la esfera celeste y de alguna forma

indicará la posición relativa de las estrellas de mayor brillo. Antiguamente era un disco de latón calado de forma que permite ver el disco interior entre los picos o "garfios" que representan las estrellas, lo que le da tal aspecto que se le denomina "araña". El disco interior, conocido como "tímpano" o "lámina" contiene la proyección de las coordenadas terrestres correspondientes a un lugar determinado y está inmovilizado en la "madre" por medio de un saliente. El giro del disco de la "araña" sobre el "tímpano" permite situar la esfera celeste para un lugar determinado cuyas coordenadas geográficas están ya grabadas, y para una hora determinada, según el giro que se ve al disco de la "araña". Para poder utilizar el astrolabio en lugares distintos, era frecuente que dispusiera de "tímpanos" específicos según el lugar. Al ser estos discos muy delgados podían estar apilados debajo de la "araña", siendo muy fácil desmontar el eje para cambiarlos.

DISCO EXTERIOR, LA "ARAÑA"

Como este disco ha de contener la proyección de la esfera celeste, para poder fijar la posición de las estrellas es preciso disponer de las coordenadas ecuatoriales construyendo la escala de ascensión recta (o ángulo horario) y la escala de declinación.

La escala de ascensión recta se graba en una corona circular sobre el círculo de Capricornio, como se puede observar en la figura 2 junto a la división de 0 a 24 horas.

El radio útil de este disco será el que corresponda a la proyección del trópico de Capricornio sobre la superficie plana que pasa por el ecuador celeste. Suponiendo que el radio de la esfera vale 1, el radio del disco será $OT_c = \text{tg}(90 - e)/2 = 0,656$, siendo e la oblicuidad de la eclíptica (23.44 grados). Si se desea grabar la proyección del trópico de Cancer, el radio de este círculo será $OT_p = \text{tg}(90 + e)/2 = 1,523$ y el del ecuador será, evidentemente, igual a 1. Estos dos últimos círculos no se suelen dibujar en este disco, sino en el disco interior.

La proyección de la eclíptica es imprescindible porque puede indicar la posición del Sol según

el signo del zodiaco y por tanto, la fecha. Es un círculo tangente a los de los trópicos, interno al de Capricornio y externo al de Cancer. Se materializa por una corona circular dividida en 12 partes de 30° que corresponden a los signos de Zodiaco. Sus marcas tendrán la dirección de los radios de los círculos de los trópicos, es decir, su centro será el del disco, puesto que los ángulos en la eclíptica se mantienen en la proyección, según la propiedad 2) ya descrita.

La escala de declinaciones se obtiene calculando los radios de una serie de círculos concéntricos con la expresión $\text{tg}(90 - d)/2$, variando la declinación d . Estos valores se marcan generalmente en un brazo diametral que también soporta las alidadas de pínulas para la medida de alturas, ver fig 2.

Teniendo ya las escalas de las coordenadas celestes se pueden situar las posiciones relativas de las estrellas de más brillo.

Actualmente se puede construir el astrolabio utilizando para la "araña" un acetato transparente en el que se puede fotocopiar un trazado sobre papel, lo que permite un dibujo mucho más detallado, presentando entonces el aspecto de los planisferios utilizados por los aficionados a la Astronomía.

DISCO INTERIOR, EL "TIMPANO"

Este disco está alojado en la "madre" debajo del disco de la "araña" y representa la proyección de las coordenadas de la esfera terrestre (altura y azimut) para un lugar determinado. La figura 3 muestra al globo terrestre con las coordenadas para un lugar de latitud F en el que se han representado el eje Zenit-Nadir (Ze-Na), así como el horizonte visible del lugar, varios círculos de igual altura (almicantarats) y meridianos. En la parte superior de la figura se muestra una vista desde arriba del plano que pasa por el ecuador.

La proyección de los almicantarats producirá una serie de círculos que no serán concéntricos, según ya se comentó en la propiedad 1) de la proyección estereográfica. Por ser círculos de altura estarán limitados por el círculo del

horizonte visible del lugar ($h=0$), cuyo diametro es HH' . Un almicantrat que tenga una altura h sobre el horizonte se proyectará sobre el plano del ecuador como un círculo de diametro KJ .

Las distancias al centro serán, en el triángulo KOS el ángulo en S vale $(F-h)/2$ pues abarca el arco NY $(F-h)$ y en el triángulo OSC el ángulo en S vale $(180-F-h)/2$, luego:
 $KO = \operatorname{tg}(F-h)/2$, $OJ = \operatorname{tg}(180-(F+h))/2$ y el radio es $(KO+OJ)/2$.

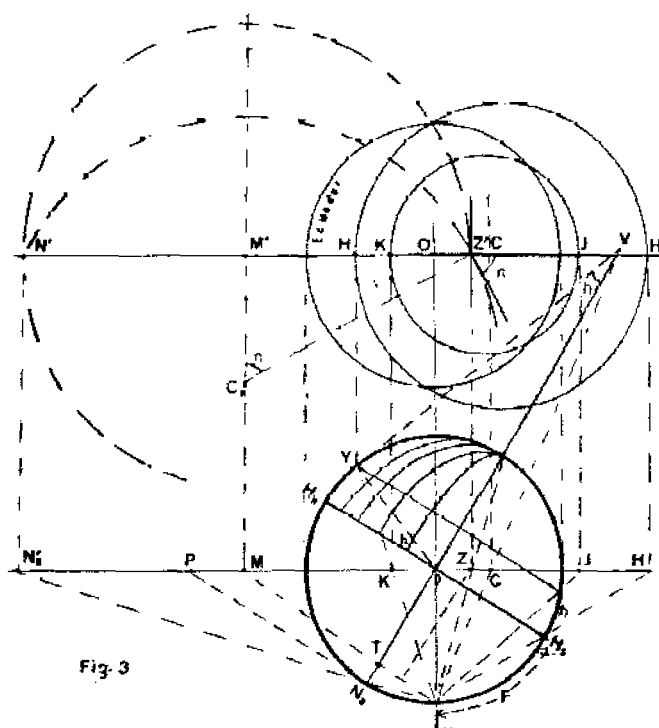


Fig. 3

Pero si se quiere calcular directamente la distancia entre centros O y C, se puede recurrir a la propiedad 1) al proyectar el vértice V del cono circunscrito al círculo de altura h . El triángulo OYV es rectángulo en Y, el ángulo en V vale h y su lado opuesto es $R=1$; luego, $\operatorname{sen} h = 1/OV$. En el triángulo OXV el ángulo en V vale F luego $\operatorname{sen} F = OX/OV$ y $\cos F = XV/OV$. De la semejanza de los triángulos SXV y SOC se tiene $OC/1 = XV/(OX+1)$; $OC = \cos F/(\operatorname{sen} F + \operatorname{sen} h)$.

Para el caso del círculo del horizonte del lugar ($h=0$) serán:

$$HO = \operatorname{tg} F/2; OH' = \operatorname{tg}(180-F)/2 \text{ y } OCh = 1/\operatorname{tg} F.$$

Calculando los círculos para el valor de h de 10

en 10 grados se obtiene la escala de las alturas. A ésta se le agrega un círculo más para el valor $h = -18^\circ$ que corresponde a la altura del Sol para el instante del final del crepúsculo.

La escala de azimut se obtiene trazando una serie de círculos que son las proyecciones de los círculos máximos que pasan por el lugar (verticales del lugar). Tales círculos han de pasar por los puntos Z' y N' porque son las proyecciones del cenit y del nadir (Ze y Na), por tanto sus centros han de estar en la mediatriz M' del segmento $Z'N'$. Teniendo en cuenta la propiedad 2) de conservar los ángulos en las proyecciones, el ángulo que un vertical cualquiera forma con el plano de la meridiana del lugar $N-Ze-S-Na$, se conservará en la superficie plana por el ángulo entre la tangente en Z' del círculo proyectado y la meridiana $Z'N'$. Por tanto, se trazarán ángulos cada n grados en el punto Z' y donde su perpendicular corte a la mediatriz M' estarán los centros Cn de los círculos de azimut.

En el caso del plano meridiano del lugar el valor de n es de 0° o de 180° y su proyección será la recta $N'Z'$. En el caso del primer vertical o plano coincidente con la línea este-oeste será de 90° o de 270° .

Si se desea calcular la distancia MZ , debemos recordar la propiedad 1) por la cual sabemos que los centros de los círculos de azimut serán las proyecciones del vértice del cono que le circunscribe, pero como son círculos máximos que pasan por el cenit Ze y el nadir Na , los vértices están en el infinito y por tanto en el eje de un cilindro que será perpendicular a $ZeNa$. En el triángulo MSO se tiene; $MO = \operatorname{tg} F$ y en el triángulo OSZ , $OZ = \operatorname{tg}(90-F)/2$. Transformando esta última por el ángulo mitad en $OZ = (1 - \operatorname{sen} F)/\cos F$ y sumando se tiene;
 $MZ = MO + OZ = 1/\cos F$.

También, puede verse que si el triángulo MZT se desplaza hasta hacerle coincidir con $PONa$ se tiene que $OP = MZ = 1/\cos F$.

La distancia de la meridiana al centro Cn de uno de los círculos de azimut será:

$$\operatorname{tg} n = Z'M'/M'Cn \text{ y } M'Cn = 1/\cos F \operatorname{tg} n.$$

RESUMEN DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN

LOS ARTICULOS PUBLICADOS CON SEUDONIMO O CUYO

AUTOR SE DESCONOZCA SE SEÑALAN CON EL SIGNO (?)

2

ABSTRACTS

Bajo este epígrafe se presenta un resumen en inglés (±) de los artículos contenidos en este Boletín.

3

DE LA HORA SOLAR A LA HORA OFICIAL

Este artículo fué escrito en 1974 por J.L. Benito, fallecido en trágico accidente de automóvil cuando se dirigía a participar en una conferencia sobre la medición del tiempo. Lo hemos encontrado recientemente en nuestros archivos y lo reproducimos como homenaje póstumo a su memoria.

Explica el significado de los términos usados para definir las diversas clases de horas: solar, local, legal, oficial, etc.. Explica las circunstancias históricas que hicieron necesarios estos cambios, que aportaron mayor precisión y universalidad al concepto de "hora" y recuerda que la hora solar local desapareció prácticamente el siglo pasado por la necesidad de compaginar los horarios para el servicio de los ferrocarriles, siendo posible esta unificación por el uso del telégrafo.

Aporta curiosos detalles de las circunstancias que motivaron el establecimiento del horario de verano, propuesto en primer lugar por W. Willet, en 1907, y adoptado por Alemania durante la primera Guerra Mundial. En España se adelantó la hora por primera vez en 1918, posteriormente se conservó esta hora adelantada durante todo el año, adoptando la del huso horario anterior, y en la actualidad el adelanto en el horario oficial es de dos horas en verano.

Los gráficos y tablas insertados permiten visualizar gráficamente estas modificaciones del horario.

3

EL CUADRANTE DE PROFATIUS (II)

En el anterior Boletín se insertó la primera parte de este artículo, que trata del "Quadrans Novus" diseñado por Dom Profatio Tibbon (Profatio Judeus) a finales del siglo XIII. En esta segunda parte L. Hidalgo explica detalladamente, mediante numerosos ejemplos, la forma de utilizar este cuadrante "novus", y asimismo indica la solución que puede obtenerse con este instrumento de diversos problemas astronómicos: alturas, ortos, ocasos y posición de los astros, amplitudes ortivas y occiduas, determinación de la latitud, horas sidéreas y solares, duración del día y de la noche y, en general, de la mayor parte de los problemas que hoy día se resuelven numéricamente por medio del triángulo de posición y el cambio de coordenadas. Asimismo se refiere a la utilización del cuadrante como instrumento topográfico.

14

RELOJ DE SOL EN UNA COPA DE CRISTAL

Pierre. Casal propuso la construcción de un original reloj de sol, utilizando una copa de cristal y una pequeña bola colocada en su interior. En este artículo J. Velilla detalla la construcción del mismo, calculando matemáticamente los parámetros que definen las dimensiones de la "generatriz de fechas" y del círculo de las horas, y demuestra que este reloj es auto-orientable, o sea que si se conoce la fecha de la observación es posible orientarlo adecuadamente según la dirección de la meridiana, sin auxilio de brújula ni de ningún otro cálculo o determinación auxiliar.

Tenemos el sentimiento de comunicar que su autor, el coronel D. Jaime Velilla, falleció poco tiempo después de entregarnos el original, como se indica en la nota necrológica publicada en este mismo Boletín.

18

RESEÑA DE PUBLICACIONES

En esta sección se comenta el libro de Karl Schwarzsinger *Katalog der artfesten Sonnenuhren in Österreich* (2ª Edición) editado por la Asociación Astronómica Austríaca. Se trata de un librito de 143 páginas de tamaño 16 x 23,5 cm. Tras unos primeros capítulos en los que se exponen los fundamentos de la Gnomónica se presenta una recopilación muy completa de los relojes "fijos" -no portátiles-, es decir, construidos sobre muros o monumento, que se encuentran en Austria.

De las estadísticas que se incluyen se deduce que hasta 1993, fecha de la edición, han sido identificados y referenciados 2220 relojes, de los cuales 2153 son verticales (97 %), 21 horizontales (0,01 %), 42 ecuatoriales (0,02 %), y el resto de otros tipos.

• ANALEMA • BOLETIN DE LA ASOCIACION DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

RESUMEN DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN

LOS ARTICULOS PUBLICADOS CON SEUDONIMO O CUYO

AUTOR SE DESCONOZCA SE SEÑALAN CON EL SIGNO (?)

14

LITERATURA Y GNOMONICA

Se presenta primeramente, en esta habitual Sección de P. Dantillo, una cita de Shakespeare, tomada de *Henry VI* Act II. Scene V, en la que el pobre Enrique se lamenta de sus desgracias y añora la vida sencilla y feliz de un diseñador de cuadrantes... (!); *To carve out dials point by point.. etc.*

A continuación se comenta la sorprendente respuesta que ha tenido el artículo sobre "Alicia y el Jabberwocky", que se insertó en el anterior número de *analema*. Se han recibido cinco "traducciones" de las primeras estrofas del poema épico donde se describen los "Toves" y Borogoves", inquietantes bestezuelas que, según Lewis Carroll, viven en lo alrededores de los relojes solares.

Incluso un lector nos ha remitido un dibujo de un "Tove" que, sentimos indicarlo porque indica la agresividad creciente de los tiempos actuales, tiene un aspecto mucho más feroz que los dibujados originalmente por John Tenniel en 1882.

20

GEOMETRIA BASICA DEL ASTROLABIO PLANO

J. de la Calle explica los fundamentos de la proyección estereográfica, base de todos los "astrolabios planos, desde Ptolomeo hasta nuestros días. Utilizando nuestra notación matemática actual, además de las construcciones geométricas, calcula los parámetros que definen el diseño de un Astrolabio, lo que sin duda permitirá su construcción a aquellos de nuestros lectores que sean partidarios de este ingenioso instrumento de observación, que además incorpora su propio calculadora analógica.

25

TABLA DE VALORES DE LA DECLINACION MAGNETICA (1996)

Se presenta una tabla que contiene los valores de la declinación magnética en España (excluidas las Islas Canarias) Han sido actualizados para el año 1996. por J. de la Calle, partiendo de datos del Instituto Geográfico Nacional,

El grado de precisión que es posible obtener utilizando métodos de doble interpolación es de $\pm 0,1^\circ$, muy suficiente para su uso por los Gnomonistas excepto en casos excepcionales.

SE PERMITE LA REPRODUCCION DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN, CITANDO SU PROCEDENCIA, EXCEPTO EN LOS CASOS EN LOS QUE SE MENCIONE LA EXISTENCIA DE DERECHOS DE AUTOR, @ O CUALQUIER OTRO IMPEDIMENTO LEGAL. LA ASOCIACION NO SE HACE RESPONSABLE EN NINGUN CASO DEL CONTENIDO DE LOS MISMOS, QUE EXPRESA UNICAMENTE LA OPINION DE SUS AUTORES.

PARA ASUNTOS RELACIONADOS CON ESTE BOLETIN O CON OTRAS PUBLICACIONES DE NUESTRA ASOCIACION, PUEDE DIRIGIR LA CORRESPONDENCIA AL DOMICILIO SOCIAL, O BIEN A LOS SIGUIENTES ASOCIADOS QUE FORMAN PARTE DEL COMITE DE REDACCION

PRESIDENCIA	LUIS HIDALGO	Piz. PABLO GARNICA 1	28030-MADRID
SECRETARIO	MANUEL LOMBARDERO	ISAAC PERAL 48	28040-MADRID
BIBLIOGRAFIA	JESUS DE LA CALLE	PASEO YESERIAS 11	28005-MADRID
TESORERIA	ANTONIO DE VICENTE	POZO DE S.ROQUE 36	28230-LAS ROZAS

La siguiente tabla muestra los valores de la declinación magnética en España, excepto Canarias, para el 1996. Ha sido recalculada y actualizada por J. de la Calle partiendo de datos del Instituto Geográfico. J.C

VALORES DE LA DECLINACION MAGNETICA (D) EN ESPAÑA PARA 1996

	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.76	-
8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.58	5.51	5.53	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.27	5.28	5.32	5.40
7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.04	4.94	5.17	5.26
7	-	-	-	4.45	4.56	4.56	4.72	4.61	-	-	-	-	4.95	4.92	5.11	5.10
6.5	-	-	4.28	4.29	4.32	4.32	4.39	4.47	4.67	4.55	4.66	-	4.73	4.78	4.75	4.86
6	-	4.10	4.12	4.10	3.99	4.22	4.20	4.32	4.34	4.36	4.45	4.48	4.54	4.51	4.66	4.67
5.5	3.90	3.95	3.94	3.96	3.95	4.07	4.06	4.12	4.17	4.13	4.29	4.32	4.30	4.36	4.42	4.50
5	-	3.76	3.75	3.78	3.79	3.84	3.87	3.93	3.94	3.99	4.09	4.10	4.19	4.15	4.43	4.29
4.5	-	-	3.63	3.62	3.65	3.73	3.68	3.74	3.79	3.83	3.88	4.07	3.95	4.00	4.12	4.13
4	-	-	3.48	3.47	3.46	3.53	3.54	3.57	3.61	3.64	3.67	3.70	3.79	3.79	3.83	3.98
3.5	-	-	3.33	3.31	3.30	3.32	3.35	3.38	3.42	3.45	3.51	3.54	3.62	3.63	3.69	3.74
3	-	-	3.15	3.15	3.16	3.19	3.17	3.18	3.25	3.24	3.36	3.38	3.43	3.47	3.47	3.55
2.5	-	-	2.93	2.97	2.97	3.00	3.01	3.09	3.11	3.22	3.21	3.23	3.24	3.32	3.31	3.47
2	-	-	2.67	2.72	2.90	2.84	2.86	2.92	2.95	3.00	3.01	3.04	3.07	3.16	3.21	3.25
1.5	-	-	-	2.61	2.64	2.67	2.72	2.73	2.76	2.84	2.83	2.86	2.93	2.99	3.07	-
1	-	-	-	-	2.58	2.51	2.58	2.61	2.62	2.63	2.69	2.72	2.75	2.81	2.88	-
.5	-	-	-	-	-	2.35	2.35	2.40	2.43	2.46	2.52	2.55	2.60	2.62	2.72	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-	2.29	2.30	2.38	2.43	2.41	2.40	-	-
-0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.19	2.22	2.22	2.23	2.28	-	-
-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.10	2.08	2.11	2.12	-	-
-1.5	-	-	-	-	-	-	1.79	-	-	-	1.91	1.92	1.97	1.98	-	-
-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.77	1.78	1.81	-	-
-2.5	-	-	-	-	-	-	-	1.48	-	-	-	1.61	1.61	1.65	-	-
-3	-	-	-	-	-	-	-	1.38	-	-	-	-	1.50	1.46	-	-
-3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	-	-	-	-	-	-	-	-	1.08	-	-	-	-	-	-	-

Los valores (D) que se exponen en la presente tabla están expresados en grados y decimales. En la escala horizontal se indica la latitud y en la vertical la longitud. Para valores intermedios se puede interpolar.

NOTA 1 La declinación magnética en la Península Ibérica es siempre W (oeste) o sea negativa.

NOTA 2 Los valores de la tabla se refieren a Julio 1996, aunque pueden ser utilizados durante todo el año 1996. Para otros años deberán ser corregidos de las variaciones anuales.

NOTA 3 La declinación magnética en cada lugar varía continuamente con el tiempo y ocasionalmente por efecto de perturbaciones locales No es posible obtener una precisión mayor de una décima de grado sexagesimal (0,1'), aunque en la tabla figuren centésimas (0,01')

