

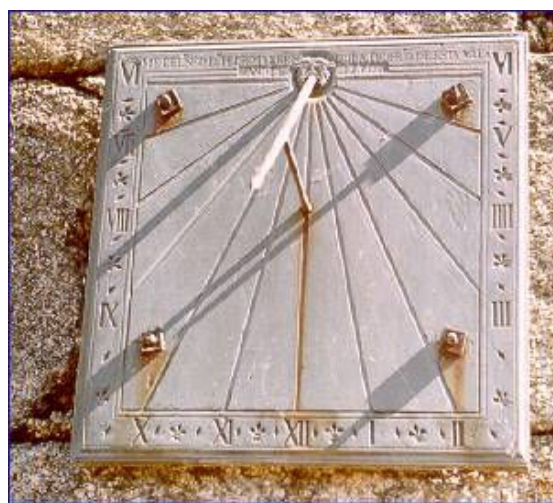


No es que nuestro boletín se nos quede pequeño ya en su sexto número. Pensamos que puede ser interesante dedicar un suplemento monográfico a algún aspecto destacado de las ciencias, matemáticas o no. Por eso inauguramos aquí una colección de suplementos. Dedicamos el primero, en este año internacional de la astronomía, a los relojes de sol. Instrumentos fáciles de construir para cualquiera, útiles y que permiten explicar algunos conceptos de matemáticas, astronomía, física, geografía... Animamos a nuestros lectores a su construcción y a enviarnos fotografías de los resultados.

El **reloj de sol** es un instrumento usado desde épocas muy remotas con el fin de medir el paso del tiempo. En castellano se le denomina también *cuadrante solar*. Emplea la sombra proyectada por un *gnomon* o *estilo* sobre una superficie, llamada *cuadrante*, en la que se encuentran dibujadas unas líneas rectas que permiten determinar la hora. La ciencia encargada de elaborar teorías y reunir conocimiento sobre los relojes de sol se denomina *gnomónica*.

Por la orientación del cuadrante podemos distinguir distintos tipos de relojes de sol:

- De cuadrante ecuatorial: si es paralelo al ecuador terrestre.
- De cuadrante horizontal: si es horizontal.
- De cuadrante vertical orientado: es vertical y orientado hacia el Sur.
- Cuadrante vertical declinante: es vertical, pero no está orientado exactamente hacia el Sur. Es el reloj de sol típico de la fachada de una casa.



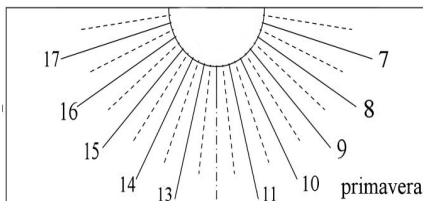
Desde tiempos inmemoriales la humanidad ha sabido que la cambiante longitud de la sombra de un objeto indica la hora del día. Sin duda el primer rudimentario reloj de sol consistía en una simple estaca clavada en el suelo. El más antiguo reloj de sol conocido, encontrado en Egipto, data de hace 3.500 años. El día fue entonces subdividido en 12 partes, a las que nos referimos como "horas del tiempo". Por supuesto las horas del tiempo variarían en duración, siendo más largas en verano y más cortas en el invierno. Según la latitud del observador, una "hora" de verano puede ser más de dos veces más larga que una "hora" de invierno. No fue hasta el siglo XIII que un árabe llamado Abul-Hassan, introdujo la idea de hacer todas las horas de igual duración, y hasta el siglo XV no se adoptó como de uso general. Durante el Renacimiento el desarrollo de los relojes de sol avanzó rápidamente, realizándose muchos, ingeniosos y variados. Los relojes de Sol, en un principio, eran sólo de altitud, es decir, únicamente se tenía en cuenta la longitud de la sombra proyectada por el indicador, dando sólo una estimación de la altura del Sol. Sin embargo, pronto se observó que si se consideraba también la dirección de la sombra, se podía conocer la fecha además de la hora. Hasta la invención del reloj mecánico no fue posible resolver algunos de los problemas que planteaban los relojes de Sol. En particular, el hecho de que no proporcionaran medidas exactas de intervalos de tiempo pequeños, puesto que la variación de la posición de la sombra a intervalos de tiempo iguales, medidos a lo largo del día, era diferente. Este problema se subsanó construyendo relojes en los que la variación de la sombra se corregía gracias a la llamada ecuación del tiempo. Estos aparatos, denominados heliocronómetros, permitían una medición bastante precisa de intervalos de tiempo cada vez menores.



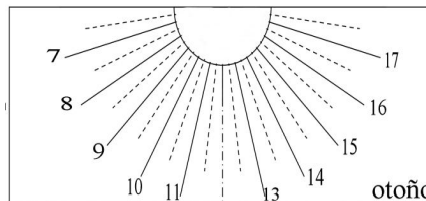
A pesar de estos inconvenientes, la historia de los relojes de Sol duró unas diez veces más que la de los mecánicos, y llegaron a poseer tal precisión que fueron necesarios cerca de cuatro siglos para que los desplazasen.

Construcción del reloj de sol de cuadrante ecuatorial.

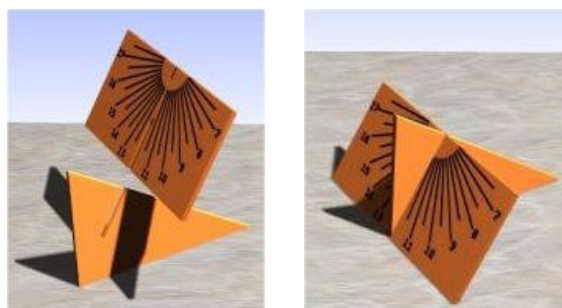
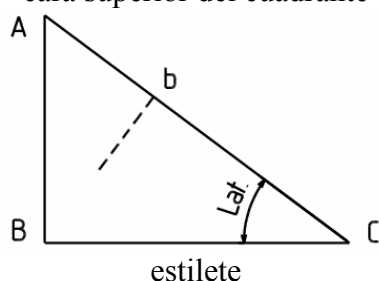
Un reloj de sol de cuadrante ecuatorial se puede construir fácilmente con cartón o madera contrachapada. Está formado por dos piezas: una rectangular que será el cuadrante donde se proyectará la sombra y otra triangular que hará de estilete y soporte. Cada una de ellas lleva una ranura, que nos permite encajarlas.



cara superior del cuadrante



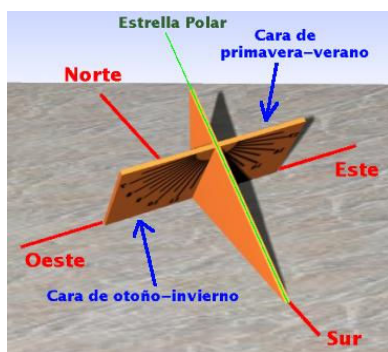
cara inferior del cuadrante



montaje y resultado

Comenzaremos su construcción recortando el cuadrante, que es un rectángulo aproximadamente el doble de largo que ancho. Sus dimensiones podrán ser las que deseemos, aunque lo recomendable es que su largo sea de 15 a 30 centímetros. A la mitad del largo deberá hacerse una ranura que llegue hasta la mitad del ancho, con la misma anchura que el grosor del material empleado para su construcción (la línea que aparece a trazos en las figuras). Las líneas horarias deben dibujarse a intervalos de 15° en las dos caras del cuadrante: la cara de primavera-verano y la de otoño-invierno.

Para construir la pieza triangular, el estilete, debes conocer la latitud del lugar donde se ubicará nuestro reloj. Se trata de un triángulo rectángulo donde el ángulo en C ha de medir la latitud, para que el cuadrante quede paralelo al ecuador, y la longitud del segmento Bb igual a la del lado menor del cuadrante. En esta pieza también se deberá realizar una ranura (la línea que aparece a trazos en la figura) que permitirá ensamblarla con la primera, se ha de procurar que queden totalmente perpendiculares. El reloj tiene el aspecto de la fotografía.



Una vez construidas y montadas las dos piezas, el reloj debe colocarse en un lugar horizontal y orientado hacia el Norte. La cara de primavera-verano debe mirar hacia el Norte. En primavera y verano el Sol incide sobre la cara superior (la de primavera-verano), donde se verá la sombra del estilete. En otoño e invierno la sombra del estilete se proyecta en la cara inferior (la de otoño-invierno), mientras que la superior permanece en sombra.

**Medir la hora.**

Los relojes de Sol no marcan la hora que marca el reloj, sino la hora solar. Para saber la hora civil (la del reloj) hay que hacer tres correcciones:

1. La primera se debe a que la hora civil está adelantada una hora en el horario de invierno (del último domingo de octubre al último domingo de marzo) y dos horas en el horario de verano. Es decir, hay que sumar 1 ó 2 horas a lo que marca el reloj de sol.
2. La segunda corrección es debida a la longitud del lugar. Si donde vives está al Oeste del meridiano de Greenwich, la longitud es negativa. En este caso tienes que multiplicar los grados de latitud por 4 para obtener los minutos que tienes que sumar a la hora leída en el reloj de Sol. Si vives al Este de del meridiano, resta a la hora del reloj los grados por 4.

La siguiente tabla recoge las latitudes y longitudes de las principales localidades de nuestra comunidad en grados y minutos.

TERUEL			HUESCA			ZARAGOZA		
Albarracín	40.25 N	1.27 O	Ainsa	42.25 N	0.09 E	La Almunia	41.29 N	1.23 O
Alcañiz	41.02 N	0.08 O	Ayerbe	42.17 N	0.42 O	Ateca	41.20 N	1.48 O
Aliaga	40.40 N	0.42 O	Barbastro	42.02 N	0.08 E	Belchite	41.18 N	0.45 O
Calamocha	40.55 N	1.17 O	Benabarre	42.07 N	0.29 E	Borja	41.49 N	1.32 O
Calanda	40.56 N	0.14 O	Benasque	42.37 N	0.31 E	Bujaraloz	41.29 N	0.10 O
Castellote	40.48 N	0.20 O	Biescas	42.38 N	0.09 O	Calatayud	41.21 N	1.38 O
Hijar	41.10 N	0.27 O	Boltaña	42.27 N	0.04 E	Cariñena	41.20 N	1.13 O
Montalbán	40.50 N	0.48 O	Broto	42.36 N	0.08 O	Caspe	41.14 N	0.02 O
Monreal C.	40.47 N	1.20 O	Canfranc	42.42 N	0.31 O	Daroca	41.07 N	1.25 O
Mora de R.	40.15 N	0.45 O	Fraga	41.32 N	0.21 E	Ejea	42.07 N	1.09 O
Muniesa	41.02 N	0.49 O	Graus	42.11 N	0.20 E	Nonaspe	41.13 N	0.02 E
Teruel	40.20 N	1.06 O	Huesca	42.08 N	0.24 O	Pina	41.29 N	0.32 O
Torrijas	40.02 N	0.57 O	Jaca	42.34 N	0.33 O	Sádaba	42.17 N	1.16 O
Valderrobres	40.52 N	0.10 E	Monzón	41.55 N	0.11 E	Sos	42.29 N	1.12 O
			Sabiñánigo	42.31 N	0.22 O	Tarazona	41.54 N	1.43 O
			Sariñena	41.47 N	0.10 O	Tauste	41.56 N	1.15 O
			Tamarite L.	41.52 N	0.25 E	Zaragoza	41.39 N	0.52 O
						Zuera	41.52 N	0.47 O

3. La última corrección es la llamada Ecuación del tiempo, se debe a que la Tierra cuando gira alrededor del Sol lo hace en una órbita elíptica y a que el plano del Ecuador de la Tierra está inclinado con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol. Esta corrección aparece en el gráfico:





En él se muestra la diferencia entre la hora de los relojes y la hora Solar aparente. El retraso o adelanto del Sol está expresado en minutos y segundos.

Si el número es positivo, el Sol está adelantado y hay que restar esa cantidad a la hora leída. Si el número es negativo el Sol está retrasado y hay que quitar el signo y sumar esa cantidad a la hora leída en los relojes de sol.

El máximo valor positivo que puede tomar es de 16 minutos y el mayor valor negativo es de 14 minutos. Es cero el 16 de Abril, el 15 de Junio, el uno de Septiembre y el 25 de Diciembre, y tiene máximos y mínimos cerca del 12 de Febrero, el 15 de Mayo, el 27 de Julio 27 y el 4 de Noviembre.

También hay una fórmula trigonométrica para hallar los valores de la Ecuación del tiempo, que es:

$$E = 9,87 \cdot \sin 2B - 7,53 \cdot \cos B - 1,5 \cdot \sin B$$

$$B = 360 \cdot (N-81)/365 \text{ donde } N = \text{día del año contados estos desde 0 hasta 365.}$$

Los valores se recogen en esta tabla.

Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	-3:12	-13:33	-12:34	-4:08	+2:51	+2:25	-3:33	-6:16	-0:12	+10:05	+16:20	+11:11
2	-3:40	-13:41	-12:23	-3:50	+2:59	+2:16	-3:45	-6:13	+0:07	+10:24	+16:22	+10:49
3	-4:08	-13:48	-12:11	-3:32	+3:06	+2:06	-3:57	-6:09	+0:26	+10:43	+16:23	+10:26
4	-4:36	-13:55	-11:58	-3:14	+3:12	+1:56	-4:08	-6:04	-0:45	+11:02	+16:23	+10:02
5	-5:03	-14:01	-11:45	-2:57	+3:18	+1:46	-4:19	-5:59	-1:05	+11:20	+16:22	+9:38
6	-5:30	-14:06	-11:31	-2:40	+3:23	+1:36	-4:29	-5:53	+1:25	+11:38	+16:20	+9:13
7	-5:57	-14:10	-11:17	-2:23	+3:27	+1:25	-4:39	-5:46	+1:45	+11:56	+16:18	+8:48
8	-6:23	-14:14	-11:03	-2:06	+3:31	+1:14	-4:49	-5:39	+2:05	+12:13	+16:15	+8:22
9	-6:49	-14:16	-10:48	-1:49	+3:35	+1:03	-4:58	-5:31	+2:26	+12:30	+16:11	+7:56
10	-7:14	-14:18	-10:33	-1:32	+3:38	+0:51	-5:07	-5:23	+2:47	+12:46	+16:06	+7:29
11	-7:38	-14:19	-10:18	-1:16	+3:40	+0:39	-5:16	-5:14	+3:08	+13:02	+16:00	+7:02
12	-8:02	-14:20	-10:02	-1:00	+3:42	+0:27	-5:24	-5:05	+3:29	+13:18	+15:53	+6:34
13	-8:25	-14:19	-9:46	-0:44	+3:44	+0:15	-5:32	-4:55	+3:50	+13:33	+15:46	+6:06
14	-8:48	-14:18	-9:30	-0:29	+3:44	+0:03	-5:39	-4:44	+4:11	+13:47	+15:37	+5:38
15	-9:10	-14:16	-9:13	-0:14	+3:44	-0:10	-5:46	-4:33	+4:32	+14:01	+15:28	+5:09
16	-9:32	-14:13	-8:56	+0:01	+3:44	-0:23	-5:52	-4:21	+4:53	+14:14	+15:18	+4:40
17	-9:52	-14:10	-8:39	+0:15	+3:43	-0:36	-5:58	-4:09	+5:14	14:27	+15:07	+4:11
18	-10:12	-14:06	-8:22	+0:29	+3:41	-0:49	-6:03	-3:57	+5:35	+14:39	+14:56	+3:42
19	-10:32	-14:01	-8:04	+0:43	+3:39	-1:02	-6:08	-3:44	+5:56	+14:51	+14:43	+3:13
20	-10:50	-13:55	-7:46	+0:56	+3:37	-1:15	-6:12	-3:30	+6:18	+15:02	+14:30	+2:43
21	-11:08	-13:49	-7:28	+1:00	+3:34	-1:28	-6:15	-3:16	+6:40	+15:12	+14:16	+2:13
22	-11:25	-13:42	-7:10	+1:21	+3:30	-1:41	-6:18	-3:01	+7:01	+15:22	+14:01	+1:43
23	-11:41	-13:35	-6:52	+1:33	+3:24	-1:54	-6:20	-2:46	+7:22	+15:31	+13:45	+1:13
24	-11:57	-13:27	-6:34	+1:45	+3:21	-2:07	-6:22	-2:30	+7:43	+15:40	+13:28	+0:43
25	-12:12	-13:18	-6:16	+1:56	+3:16	-2:20	-6:24	-2:14	+8:04	+15:47	+13:11	+0:13
26	-12:26	-13:09	-5:58	+2:06	+3:10	-2:33	-6:25	-1:58	+8:25	+15:54	+12:53	-0:17
27	-12:39	-12:59	-5:40	+2:16	+3:03	-2:45	-6:25	-1:41	+8:46	+16:01	+12:34	-0:47
28	-12:51	-12:48	-5:21	+2:26	+2:56	-2:57	-6:24	-1:24	+9:06	+16:06	+12:14	-1:16
29	-13:03	-12:42	-5:02	+2:35	+2:49	-3:09	-6:23	-1:07	+9:26	+16:11	+11:54	-1:45
30	-13:14		-4:44	+2:43	+2:41	-3:21	-6:21	-0:49	+9:46	+16:15	+11:33	-2:14
31	-13:24		-4:26		+2:33		-6:19	-0:31		+16:18		-2:43
Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Ejemplo: La fotografía adjunta se ha tomado en la plaza de Valderrobres el 4 de junio (hemos añadido los números por si no los lees bien) ¿Qué hora es?

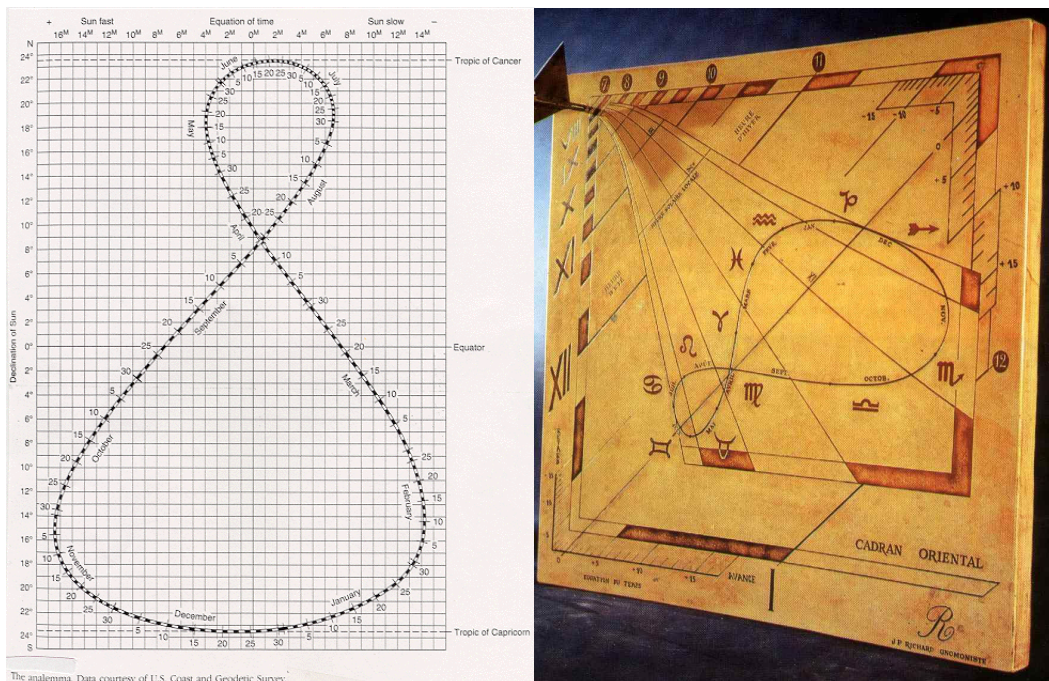


El reloj señala, aproximadamente, las 15:40 horas. Las correcciones a realizar son:

1. 15:40 horas + 2 horas de adelanto del horario de verano = 17:40 horas.
2. La longitud de Valderrobres es $0^{\circ} 10'E = 1/6^{\circ}$, luego hay que restar $4 \times (1/6) = 0'66666$ minutos ≈ 40 segundos.
3. Miramos las tablas y vemos que hay que restar 1 minuto 56 segundos.

Es decir son, aproximadamente, las 17:40:00 – 00:00:40 – 00:01:56 = 17:37:24 segundos.

Algunos relojes de sol representan la información recogida por la ecuación del tiempo en el propio reloj, obteniendo el Analema; una figura que se encuentra, además, en mapas y globos geográficos.



Espermos haberte animado a construir un reloj de sol, si quieres ahorrarte un poco de trabajo (no te lo recomendamos), utiliza las palntillas que vienen a continuación.

