

RELOJ SOLAR DE CÆSARAVGVSTA THE SUNDIAL OF CÆSARAVGVSTA

JOSÉ M.^a RAYA ROMÁN
Universidad de Sevilla

RESUMEN

Se exponen las dos técnicas, cuyos antecedentes los encontramos en Egipto y en Caldea, que utilizaron en Roma para la construcción de relojes de sol esféricos; y se describe y clasifica el fragmento del reloj de sol encontrado en las excavaciones del Teatro de Caesaraugusta.

Por último, con el Analema de Vitruvio y comparándolo con el reloj de sol expuesto en el Museo Nacional de Arte Romano de Mérida, se hace una reconstrucción del reloj de sol esférico de Caesaraugusta, analizando cada una de las líneas que aparecen en su esfera.

SUMMARY

We report two techniques, whose origins can be found in Egypt and Chaldea, used in Rome for the construction of spherical sundials, and describe and classify the sundial fragment retrieved in the excavations performed at the Theatre of Caesaraugusta.

Finally, with the analemma of Vitruvius, comparing it with the sundial on show at the National Museum of Roman Art in Mérida (Spain), we offer a reconstruction of the spherical sundial of Caesaraugusta, analyzing each of the lines that appear on its surface.

PALABRAS CLAVE: Arqueoastronomía, Nomónica, Relojes romanos.

KEY WORDS: Archaeoastronomy, Gnomonics, Roman sundials.

En Roma se usaron dos técnicas para la construcción de relojes. Una primera, muy elemental, consiste en dividir la esfera del reloj en doce sectores iguales de 15° cada uno mediante once líneas (líneas horarias) concurrentes en un punto. Y otra segunda técnica, geoméricamente más complicada, tiene su origen en Caldea, y consiste en dividir el arco diurno que recorre el sol cada día en doce partes iguales. Los relojes trazados con estas dos técnicas, aunque marcan durante el día horarios diferentes, coinciden puntualmente en señalar el mediodía. Con ambas técnicas se pueden trazar relojes sobre distintas superficies, como puedan ser planas, esféricas, cónicas o cilíndricas.

Recordemos que en Roma el día, desde el orto al ocaso del sol, se dividía en doce horas de la misma duración, pero estas horas al adaptarse a la duración del día, eran más largas en verano y más cortas en invierno; y en los equinoccios coincidían en duración con nuestras horas de tiempo medio.

Los relojes construidos según la primera técnica, basan la medida del tiempo en la altura que va tomando el sol sobre el horizonte. Y como el sol, al amanecer y al atardecer, gana o pierde altura más rápidamente que en las horas centrales del día, las primeras horas y las últimas que miden estos relojes son de menos duración que las horas centrales. Por el contrario, los relojes construidos según la segunda técnica, basan la medida del tiempo en movimiento uniforme con el que el sol gira alrededor de la tierra. Como consecuencia las doce horas en que dividen al día son todas de igual duración.

Los primeros relojes que hemos descrito, para marcar las horas, precisan de una varilla horizontal o nomon, anclada en el punto de concurrencia de las líneas horarias. En el transcurso del día la sombra del nomon recorre la esfera del reloj de oeste a este, desde el comienzo de la hora prima hasta el final de la duodécima, superponiéndose sobre cada una de las divisiones horarias. En el reloj solar egipcio de Merenptah (1223 a. C.),¹ podemos encontrar un antecedente de este tipo de relojes.

En España se conservan algunos de estos relojes, tales como el de Calasparra, Segóbriga o Baza. Para el trazado de estos relojes no interviene la latitud, por lo que se pueden usar en cualquier lugar, de aquí que puedan tratarse de los relojes *πρὸς πᾶν κλίμα* (para todas las latitudes) que Vitruvio² atribuye a Teodosio y Andreias.

El reloj de sol encontrado en las excavaciones del teatro romano de *Caesaraugusta* pertenece al segun-

¹ J. Lull, *La astronomía en el antiguo Egipto*, Valencia 2006, 156.

² Vitr. *De Arch.* IX, 8.

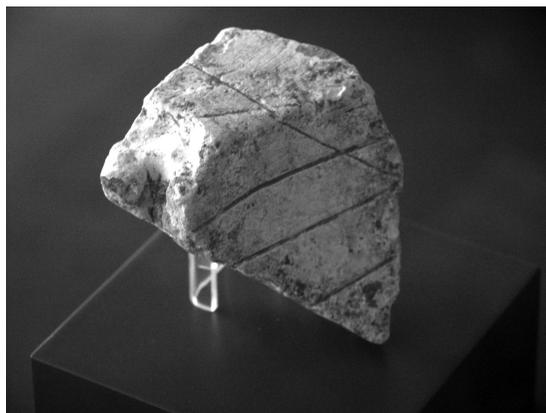


Figura 1. Fragmento del reloj encontrado en el teatro de *Cæsaraugusta*. Fotografía: D. Marcos, Ayuntamiento de Zaragoza.

do tipo de los relojes mencionado. En estos relojes la división del arco diurno y su trazado sobre la superficie del reloj, se hace con el analema del caldeo Beroso, que es conocido por la descripción que de él hace Vitruvio.³

El analema es una proyección de la esfera celeste sobre el meridiano del lugar. Trazado el reloj por este procedimiento, su esfera es como una fotografía de la bóveda celeste captada por una cámara fotográfica situada en el centro del analema y dirigida al encuentro del ecuador celeste con el meridiano del lugar.

En las esferas de los relojes trazados con el analema de Vitruvio se pueden ver una serie de arcos paralelos a su borde inferior, que representan los arcos diurnos que recorre el sol. Estos pueden estar trazados para cada mes, y al menos suelen ser tres: los de los solsticios de verano e invierno (trópicos de cáncer y capricornio, respectivamente) y el de los equinoccios de primavera y otoño (ecuador celeste). Y también pueden verse trece⁴ líneas horarias, sensiblemente perpendiculares a las anteriores. Estas líneas dividen los arcos diurnos en doce partes iguales, correspondientes a doce horas de igual duración.

Del reloj de *Cæsaraugusta* solo se ha encontrado un fragmento, con datos suficientes para su reconstrucción (Fig. 1). El fragmento es un poliedro irregular de seis caras, de las cuales dos son curvas, una cóncava y otra convexa. La cara cóncava es un segmento de un huso esférico de unos 41,5° de una esfera de 95 mm de radio. La cara convexa es la con-

secuencia de la fractura de uno de los vértices del poliedro. En esta fractura se puede observar la huella de una incisión de un taladro de 5 mm de diámetro. La muesca del taladro es perpendicular al horizonte del reloj y es, como veremos más adelante, uno de los anclajes del nomon. Las otras caras son sensiblemente planas. Las dimensiones máximas del fragmento son 95 × 79 × 50 mm.

Dos de las caras del fragmento tienen líneas grabadas. En una, la cara esférica, aparecen tres líneas sensiblemente paralelas y equidistantes, y una transversal que corta a las otras tres. La cara esférica y una de las caras planas se unen en una arista que es paralela a la línea transversal de la cara esférica.

La cara esférica del fragmento es una parte de la esfera del reloj. Las tres líneas paralelas que aparecen en esta cara, junto con una cuarta que se prolonga por la cara plana contigua, son líneas horarias y dividen a dicha parte esférica en cuatro zonas correspondientes a las horas *prima*, *secunda*, *tertia* y *quarta*. La línea secante que aparece en esta misma cara esférica, es la de equinoccios y es proyección del ecuador celeste; también se prolonga por la cara plana adyacente.

Esta cara adyacente a la cara cóncava es el plano superior del reloj y conforma el horizonte del mismo.

La arista inferior de la cara esférica que es paralela a la línea de equinoccios hace la función del trópico del cáncer. La separación entre esta arista y la línea de equinoccios es la *decimoquinta parte de toda la circunferencia*.⁵

Todas estas líneas al entrecruzarse definen unos arcos de circunferencias cuya longitud y amplitud se expresan en la tabla siguiente:

Arco	Límites	Longitud	Amplitud
1	Horizonte	Equinoccio y Solsticio de verano	6,1 cm 38,0°
2	Meridiano	Equinoccio y Solsticio de verano	4,3 cm 26,4°
3	Solsticio de Verano	Hora prima	2,9 cm 17,7°
4	Equinoccio	Hora prima	2,0 cm 13,3°

Atendiendo a su forma y a las líneas que aparecen talladas en dos de las caras del fragmento del reloj, podemos afirmar que se trata de una parte de un reloj romano esférico del mismo tipo que el reloj de Beroso citado por Vitruvio⁶ y similar al reloj de *Emerita Augusta* conservado en el Museo Nacional de Arte Romano.⁷

³ Vitruv. *De Arch.*, IX, 7.

⁴ En algunos relojes, las líneas de comienzo de la hora prima y la final de la duodécima son los bordes de la esfera del reloj.

⁵ Vitruv. *De Arch.*, IX, 7.

⁶ *Idem*, IX, 8.

⁷ A. Almagro Gorbea - J. M. Raya, «Estudio fotogramétrico del reloj romano de Mérida», *Anas* 9, 1996, 79-88.

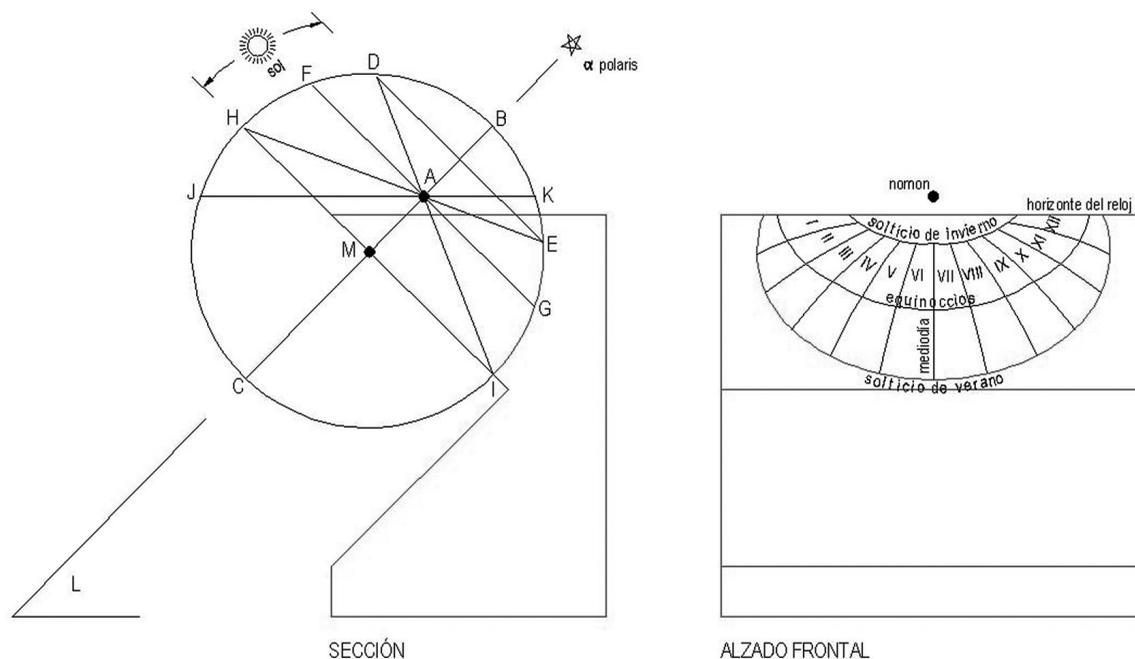


Figura 2. Sección y alzado frontal del reloj de *Caesaraugusta* con la adaptación del analema de Vitruvio para la proyección de la esfera celeste.

A:	Centro de proyección	HI:	Trópico de Cáncer (solsticio de verano)
B:	Polo celeste	JK:	Horizonte celeste.
BC:	Eje del Mundo	KEGI:	Meridiano del lugar (mediodía)
DE:	Trópico de Capricornio (solsticio de invierno)	L:	Latitud del lugar.
FG:	Ecuador celeste (equinoccios de primavera y otoño)	M:	Centro de la esfera del reloj.

En el reloj de *Caesaraugusta* estarían talladas y tintadas trece líneas horarias y dos de las líneas diurnas, la del solsticio de invierno y la de los equinoccios. El borde inferior del huso esférico, como se ha dicho anteriormente, hace las veces de línea del solsticio de verano.

A diferencia de los relojes construidos según la primera técnica, estos relojes han de tener dibujadas necesariamente las líneas diurnas, y sus líneas horarias no serán concurrentes en un punto. En los primeros, como el de Baza, solo se puede leer la hora, y en estos, como el de *Caesaraugusta* se puede leer la hora y la fecha (Fig. 2).

En la figura 2 se ha representado el analema de Vitruvio aplicado para el cálculo del reloj de *Caesaraugusta*. Para el correcto funcionamiento de este reloj es necesario materializar al punto A, centro de proyección del analema. Parece extraño que el punto A esté por encima del horizonte del reloj y no coincidente con él. De esta manera, la hora prima no comenzaría hasta que la sombra del punto A se proyectase sobre la superficie esférica y esto no sucedería

hasta que el sol hubiese alcanzado una cierta altura sobre el horizonte celeste. Lo mismo sucedería con el final de la hora duodécima, que terminaría poco antes de la puesta del sol. Para corregir, en parte, este inconveniente, en el reloj de *Caesaraugusta* se han prolongado, por encima del horizonte del reloj, la línea comienzo de la hora prima y el ecuador celeste, como puede observarse en la figura 1.

El punto A podría estar materializado por el extremo de una varilla o nomon. En este caso el nomon no sería horizontal, puesto que el punto A está por encima del horizonte del reloj y, al no ser las líneas horarias concurrentes, la sombra del nomon cortaría y no se superpondría sobre ninguna de estas, con excepción de la del mediodía.

Otra posibilidad, por la que me inclino, es que estuviera materializado el punto A con una esferilla sujeta mediante varillas a los orificios que presenta en su superficie. En el caso del reloj de *Caesaraugusta* solo conocemos parte de un taladro, y se presume que habría otro simétrico; pero en el caso del reloj de *Emerita Augusta* pueden observarse varios de estos

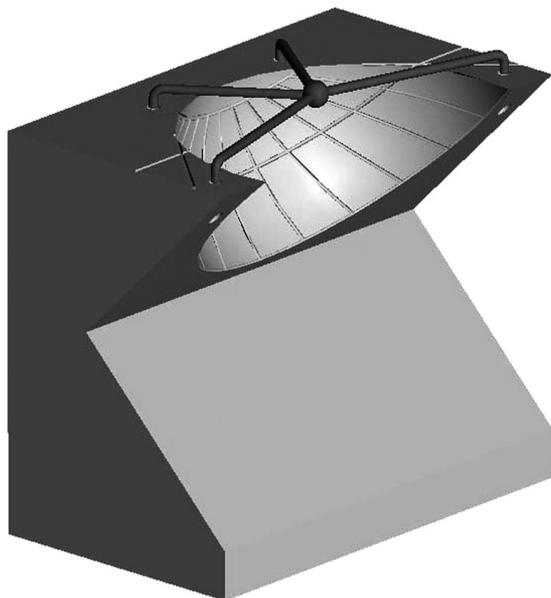


Figura 3. Reconstrucción del reloj de *Caesaraugusta*.

taladros repartidos simétricamente por la superficie de la esfera del reloj.

Materializado el centro de proyección con una esferilla, esta haría las funciones del nomon, y su sombra, sobre la esfera del reloj, representaría al sol al igual que en el reloj de *Bælo Claudia*.⁸ Solo que en este caso el nomon es un pequeño orificio circular y el sol está representado por la mácula luminosa que producen los rayos solares que pasan por el orificio.

La sombra de la esferilla se moverá sobre la superficie del reloj, a lo largo del día, de oeste a este, en sentido inverso a como lo hace el sol sobre la bóveda celeste. En el solsticio de verano, su sombra

recorrerá el borde inferior de la esfera (trópico de cáncer), en primavera y otoño discurrirá por el arco diurno central (ecuador celeste) y en invierno por el arco diurno superior (trópico de capricornio). La posición de la sombra con respecto a las líneas horarias y diurnas del reloj reproduce la posición del sol con relación a las correspondientes líneas celestes. De esta forma se podrá conocer la hora y la fecha.

No cabe duda, que si materializamos al nomon con una esferilla sujeta al reloj, su aspecto sería el de una araña, y por lo tanto el reloj de *Caesaraugusta* podría ser el *conarachnen* que cita Vitruvio (Fig. 3).

Por último, estos relojes han de calcularse para un horizonte determinado, «por eso, cuando en cualquier país se quisiera construir un reloj, se ha de tomar primeramente la sombra equinoccial en aquel lugar...»⁹ Con esto Vitruvio nos indica que hay que tomar la latitud del lugar (ángulo L de la figura 3) para tenerla en cuenta a la hora de orientar el analema. Este valor queda reflejado en el reloj en los ángulos que forman las líneas diurnas con el horizonte del reloj. Medido este ángulo en el reloj de *Caesaraugusta* se obtiene para él un valor de 41,5° muy aproximado a la latitud de Zaragoza (41° 39' N), de lo que se deduce que el reloj fue construido expresamente para dar la hora romana de *Caesaraugusta*.

BIBLIOGRAFÍA

- Almagro Gorbea, A.; Raya, J. M. 1996: «Estudio fotogramétrico del reloj romano de Mérida» *Anas* 9, 79-88
- Lull, J. 2006: *La astronomía en el antiguo Egipto*, Valencia
- Raya, J. M. 1989: *Los cuadrantes solares en la Arquitectura*, Cádiz

Recibido el 17-11-09

Aceptado el 17-03-10

⁸ J. M. Raya, *Los cuadrantes solares en la Arquitectura*, Cádiz 1989.

⁹ Vitruv. *De Arch.*, IX, 8.