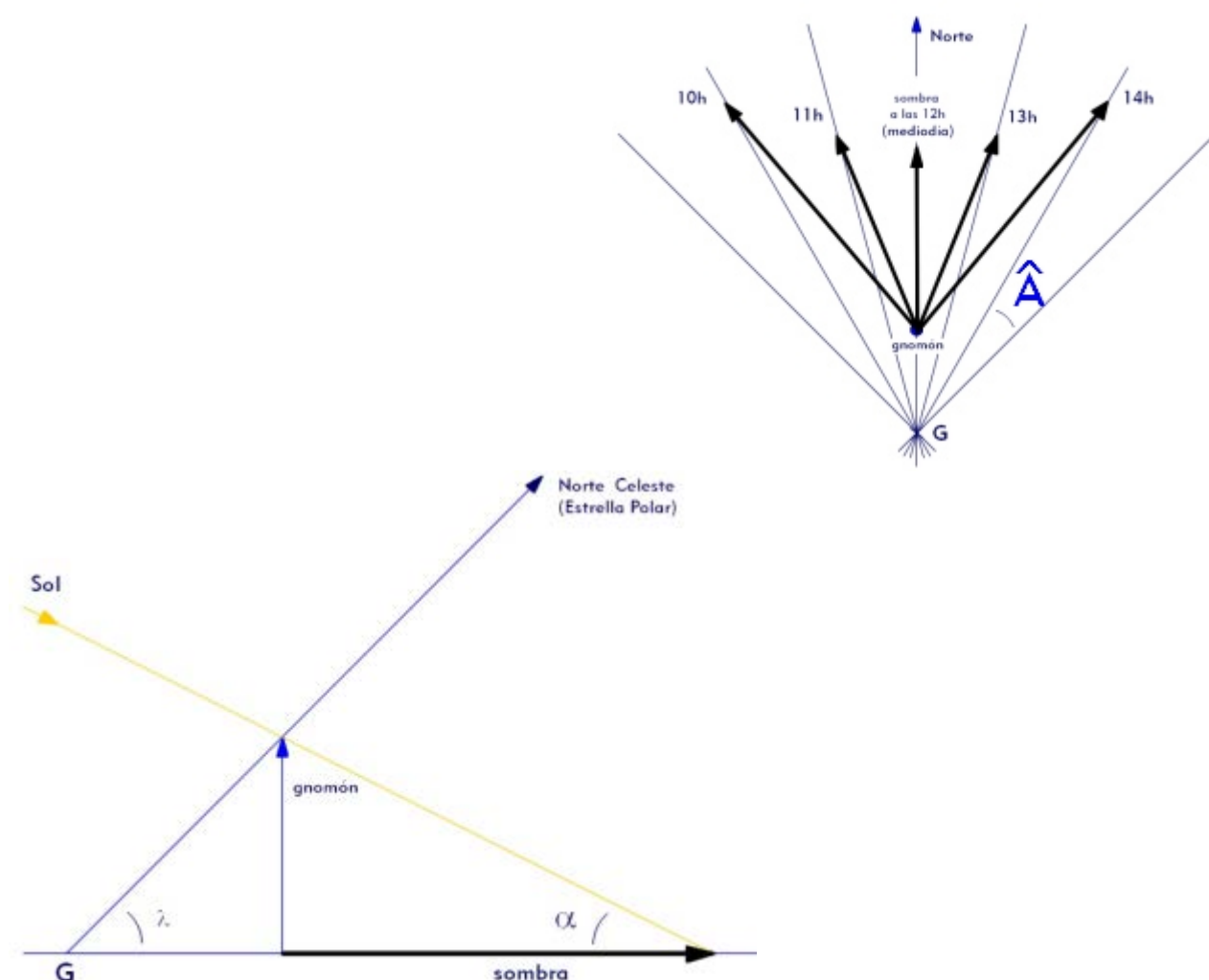


Presentación -

El **Sol** ha sido durante toda la historia de la humanidad el referente que ha marcado la organización diaria de las actividades del hombre. El **Reloj de Sol**, (en sus múltiples variantes y formas), es el más antiguo y más sencillo de los dispositivos empleados para la medida del tiempo.

La sombra de un mástil (**gnomon**) se desplaza sobre el suelo un ángulo bien definido cada hora. Este fenómeno 'casi' regular y periódico es el fundamento del Reloj de Sol.



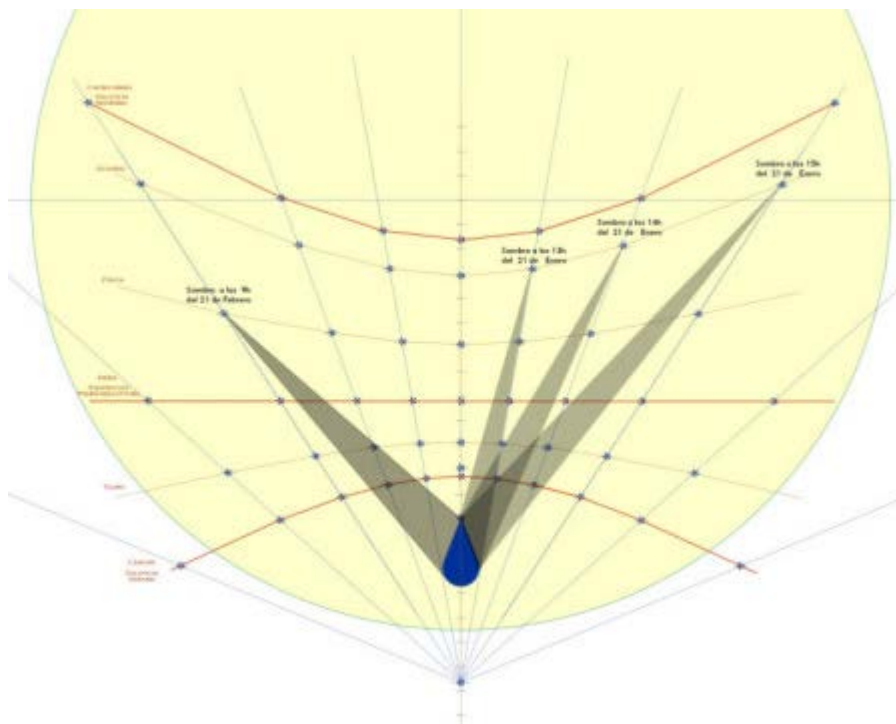
λ = Latitud del lugar donde se encuentra el reloj de sol.
 α = Altitud del sol sobre el horizonte.

Al mediodía la sombra 'apunta' justamente al Norte geográfico del lugar donde se encuentra el reloj y presenta su longitud mínima para ese día.

El Reloj de Sol no sólo sirve para determinar las horas diurnas. También puede utilizarse como 'calendario'. La longitud de la sombra proyectada por el *gnomon* depende de la altitud del sol

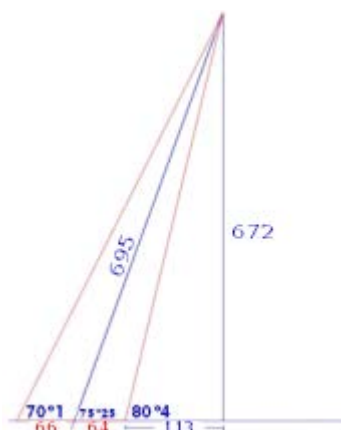
sobre el horizonte (α) y ésta cambia cada día a lo largo del año, de manera que una observación precisa de dicha sombra servirá para conocer la hora y también el día del año en que se hace la observación.

Durante un mismo día la sombra seguirá fielmente la línea transversal (Oeste-Este) correspondiente a dicho día, (algunas de ellas representadas en rojo en el gráfico).



La Longitud de esa sombra está determinada en cada momento por sólo dos parámetros: la altura del *gnomon*, (h), y la altitud del sol sobre el horizonte, (α)

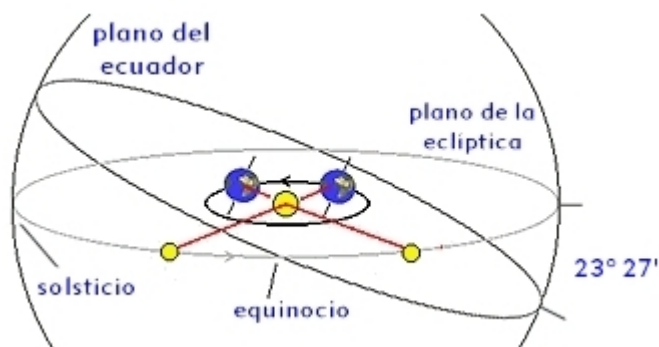
a) altura del *gnomon*.- En este reloj de sol el *gnomon* es un cono truncado oblicuamente por la base de forma que presenta una inclinación manifiesta sobre el eje Norte-Sur. Pero ésta es sólo una cuestión estética. El valor determinante de la longitud de su sombra es la altura real de su vértice sobre el suelo: 672 cm.



b) 'altitud' del sol sobre el horizonte.- Este ángulo tiene un valor que depende a su vez de otros parámetros, (unos constantes, como la latitud (λ) del lugar donde se encuentra el reloj, y otros que cambian regularmente):

- La hora del día (T).

- La Latitud (λ). Para este reloj: $\lambda = 40^{\circ} 3' 25.2''$
- La 'declinación' del Sol (δ). Es el ángulo que presenta la posición del Sol sobre el Ecuador Terrestre. Se debe a la inclinación del eje de rotación terrestre sobre la eclíptica, (plano de la órbita de La Tierra en su movimiento alrededor del Sol), y que tiene un valor de $23^{\circ} 27'$. A lo largo del año la declinación oscila entre $+23^{\circ} 27'$ y $-23^{\circ} 27'$, correspondiendo estos valores a los solsticios de verano e invierno, respectivamente, (~ 21 de junio y 21 de diciembre). En los equinoccios, (primavera ~ 21 de marzo, y otoño ~ 21 de septiembre), su valor es 0° .



La relación entre estas magnitudes puede expresarse de manera sencilla:

$$\text{seno } \alpha = \text{coseno } \lambda \cdot \text{coseno } \delta \cdot \text{coseno } T + \text{seno } \lambda \cdot \text{seno } \delta$$

(donde T expresa el tiempo en forma de ángulo a razón de $15^{\circ} = 1\text{h}$).

Así pues, conociendo la altura sobre el suelo del *gnomon* y la altitud del Sol sobre el horizonte en un momento 'T', es posible determinar la longitud de la sombra proyectada por el mástil. Y de la misma manera, medida la longitud de la sombra, es posible conocer el valor de 'T'. Es decir, 'la hora'.

Esto es lo que hace y pone de manifiesto el Reloj de Sol.

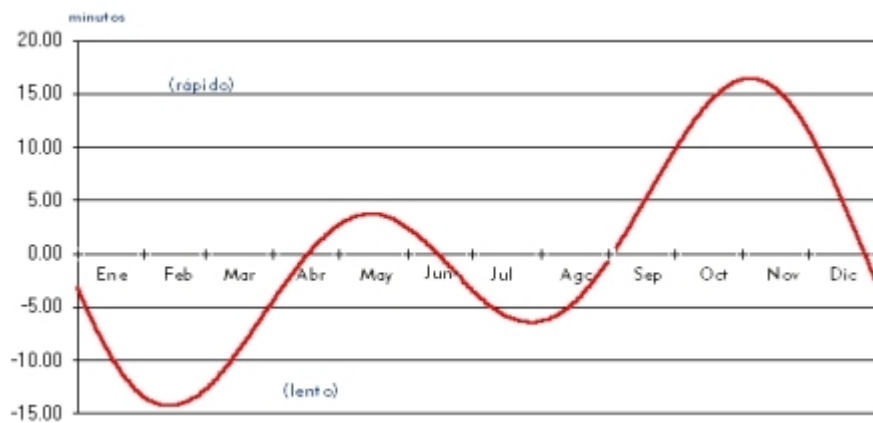
Las cosas, sin embargo, presentan algunas complicaciones adicionales.

El movimiento aparente del Sol, día tras día, no es absolutamente regular. Hay días más largos y días más cortos. Esto es lo que hace hablar de 'día solar medio', que es el que contemplan la mayoría de los relojes de sol.

Las causas de este comportamiento aparentemente irregular del Sol son básicamente dos:

- 1.- La órbita de La Tierra alrededor del Sol no es una circunferencia perfecta, sino una elipse con el Sol en uno de los focos. Esto supone que, en su *recorrido* anual alrededor del Sol, La Tierra discurre por una parte de la órbita donde se mueve más rápidamente que por la parte opuesta de la misma.
- 2.- La oblicuidad de la eclíptica. Es decir la inclinación de $23^{\circ} 27'$ del plano de la órbita de La Tierra sobre el plano del Ecuador.

La suma de estos dos efectos provoca una diferencia entre el 'tiempo solar medio' y el 'tiempo solar verdadero' que se llama *Ecuación del Tiempo* y es de la forma:



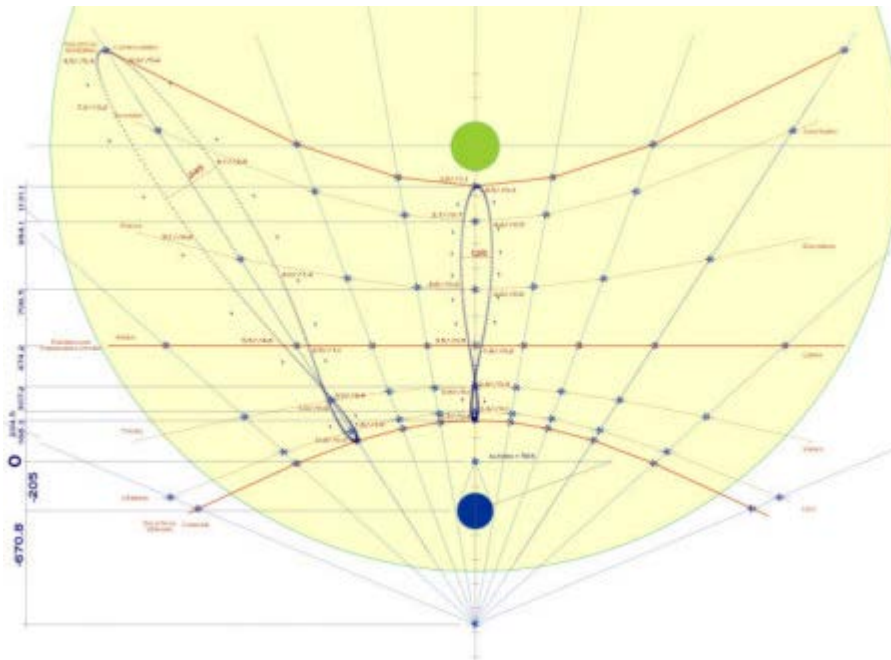
Hay dos épocas en el año, (desde mediados de Abril a mediados de Junio y desde finales de Agosto a finales de Diciembre), en que el Sol 'es más rápido' y los días de tiempo solar verdadero son más cortos que los de tiempo solar medio. En los periodos intermedios ocurre al revés.

Las diferencias alcanzan un máximo de unos 14 minutos a mediados de Febrero y unos 16 al principio de Noviembre.

El efecto de este comportamiento sobre el Reloj de Sol es que la posición de la sombra no se ajusta a la recta que marcaría la línea horaria de tiempo solar medio, sino que dibuja una curva característica, llamada '**Analema**'.



Este Reloj de Sol presenta las *analemas* correspondientes a cada hora.



Hay algunos detalles más a considerar.

1.- El tiempo que La Tierra tarda en dar una vuelta completa en torno al Sol (un año) no es de 365 días exactamente, sino de 365,25 días. Esto significa que de un año para otro se producirán algunos pequeños desfases en el Reloj de Sol en su doble medición hora-calendario. Afortunadamente los errores se corrigen con la incorporación cada cuatro años de un día en el

calendario civil, (el año bisiesto). Este reloj de sol está calculado para un año intermedio entre dos bisiestos, (2002, 2006, ...), por lo que los pequeños errores producidos por estos desfases muestran su máximo justamente en los años bisiestos, (2004, 2008, ...), y nunca superan la repercusión de $\frac{1}{2}$ día en parámetros tales como la declinación del Sol y los derivados de la misma, (altura del Sol sobre el horizonte), a los efectos del reloj.

2.- El suelo de la plaza donde está situado este reloj de sol no se ajusta a un plano horizontal. Presenta una pendiente de 1° , (necesaria para escurrimiento de las aguas superficiales), siguiendo exactamente el eje Este-Oeste. El Reloj de Sol ha sido calculado para contemplar esta pendiente, por lo que el mismo presenta una ligera asimetría en las formas respecto al eje Norte-Sur, (meridiana = 12h ó mediodía).

3.- Por último, una cuestión general sobre la precisión de los relojes de sol. El hecho de que el Sol no se vea desde La Tierra como un foco de luz puntual, sino con un tamaño definido, (a estos efectos, considerable -el diámetro del Sol, tal como se ve desde La Tierra, es aproximadamente de $\frac{1}{2}$ grado-), hace que las sombras no sean líneas nítidamente definidas. Esto supone que resulte difícil leer un reloj de sol con más precisión de un minuto.

Esta limitación, no obstante, no es significativa en este caso, donde como puede apreciarse sólo se han dibujado marcas, (las analemas), correspondientes a horas enteras, (10h, 11h, 12h, ...). Los tiempos intermedios deberán interpretarse interpolando las posiciones de la sombra entre ellas.

