

## RELOJ SOLAR CILÍNDRICO

Esteban Esteban – Atrévete con el Universo

### Propiedades de este tipo de reloj

En esencia un reloj solar cilíndrico consta de un cilindro o parte de él, en cuyo eje está colocado la varilla o gnomon de manera que la sombra se proyecte en la cara interna de dicho cilindro.

Aunque tradicionalmente es mucho menos utilizado, posiblemente porque los materiales necesarios no son tan fáciles de encontrar, no hay duda de que este reloj tiene mayores valores didácticos que cualquier otro.

Es el más lógico, el más fácil de entender su funcionamiento, el más sencillo de trazar las líneas y el que mejor refleja el movimiento aparente del sol.

Una vez construido, el alumnado a partir de él visualiza directamente cómo debe ser el recorrido diario del sol, e incluso en días que no haga sol tiene unas utilidades didácticas muy importantes

También en este caso para un desarrollo didáctico en el aula se sugiere empezar analizando la situación en el polo en primavera o verano y pensar cómo debería ser un reloj cilíndrico colocado allí. Las 24 horas hay sol y éste se mueve paralelo al horizonte. Por ello el gnomon de nuestro reloj será vertical y su sombra se mueve uniformemente  $15^\circ$  cada hora ( $360^\circ/24=15^\circ$ ) por la pared del cilindro. Ahí se marcarán las 24 líneas horarias verticales y equidistantes.

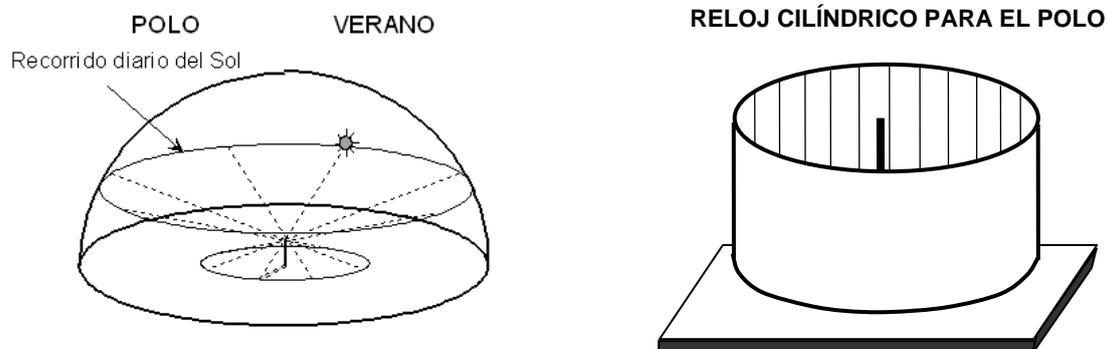


Figura 1: Situación en el polo

Es conveniente que el alumnado (guiado convenientemente según el nivel) haga estos razonamientos, y sea él quien concluya cómo hay que hacer y colocar el reloj.

Como material puede utilizarse cualquier cilindro, siendo muy adecuados los tubos de cartón que se utilizan en embalajes, a partir de 10 o 15 cm. de diámetro p. ej. que se cortan fácilmente con un cúter o una pequeña sierra, pudiendo utilizarse también trozos de tubería, botes, etc.

Como tomar las medidas angulares y trazar las líneas en la cara interna de un cilindro no es fácil, se aconseja hacerlo en un papel que se pegará luego en el interior del cilindro. Primero se calcula la longitud de la circunferencia de la cara

interna, se divide entre 24 y el resultado será la separación entre dos líneas horarias consecutivas que al colocarlo en su lugar corresponderá a  $15^{\circ}$

## Reloj para el ecuador y para otras latitudes

Antes de plantearnos el hacer un reloj cilíndrico para nuestra latitud conviene hacer otro caso particular que por su sencillez nos ayudará a comprender las diferentes situaciones: un reloj para el ecuador.

Allí la latitud es  $0^{\circ}$  y el gnomon, como en todos los tipos de reloj solar, será horizontal. De esta manera habrá que colocar también el cilindro.

Su parte útil, donde dará la sombra, será el semicilindro colocado debajo del plano horizontal que contiene el gnomon. Conviene que el alumnado razone sobre esta circunstancia: Lógicamente siempre que sea de día el Sol está por encima del gnomon y su sombra por debajo. El resto del cilindro, la mitad superior, no es necesario y habrá que cortarlo y quitarlo.

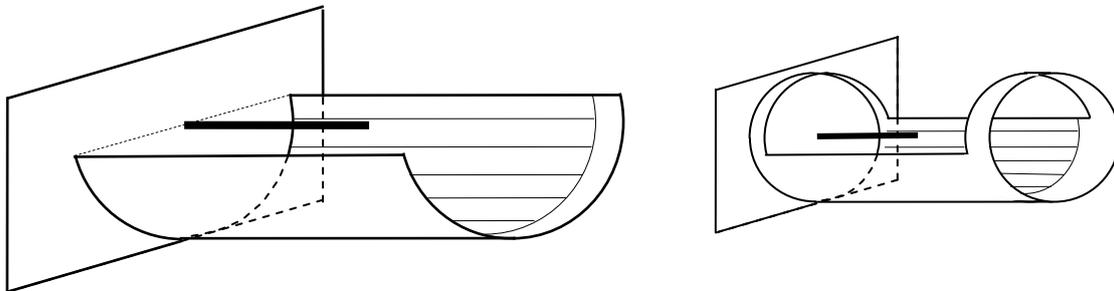


Figura 2: Reloj cilíndrico para el ecuador

De todas formas los tubos de cartón y otros materiales suelen deformarse (se abren y aumenta su diámetro) al cortarlos de esta manera por lo que conviene dejar en ambos extremos un trozo de cilindro completo como en la figura de la derecha.

Este reloj en el ecuador funcionará todos los días las 12 horas en que es de día. En el ecuador los días y las noches son siempre iguales, y este reloj ayuda a visualizar y entender mejor esta situación.

Para otra latitud cualquiera, esencialmente el reloj debe ser igual, trasladado paralelamente hasta ese lugar.

Tanto el cilindro como el gnomon están siempre paralelos al eje de la Tierra y por tanto forma un ángulo igual a la latitud respecto a la horizontal. Únicamente hay que coger el reloj del ecuador e inclinarle ese ángulo.

Se puede colocar en la base una cuña adecuada a la latitud para apoyarlo sin problemas como en el siguiente dibujo de la izquierda, o cortar adecuadamente el cilindro por su parte inferior para apoyarlo en una base horizontal como aparece en la derecha.

La primera solución parece más adecuada por su sencillez, pero la segunda es más elegante y aunque el proceso de realizar el corte puede parecer complicado, no representará una dificultad adicional en el caso en que queramos seguir la sugerencia que se propone luego y que nos aportará varias utilidades didácticas muy interesantes.

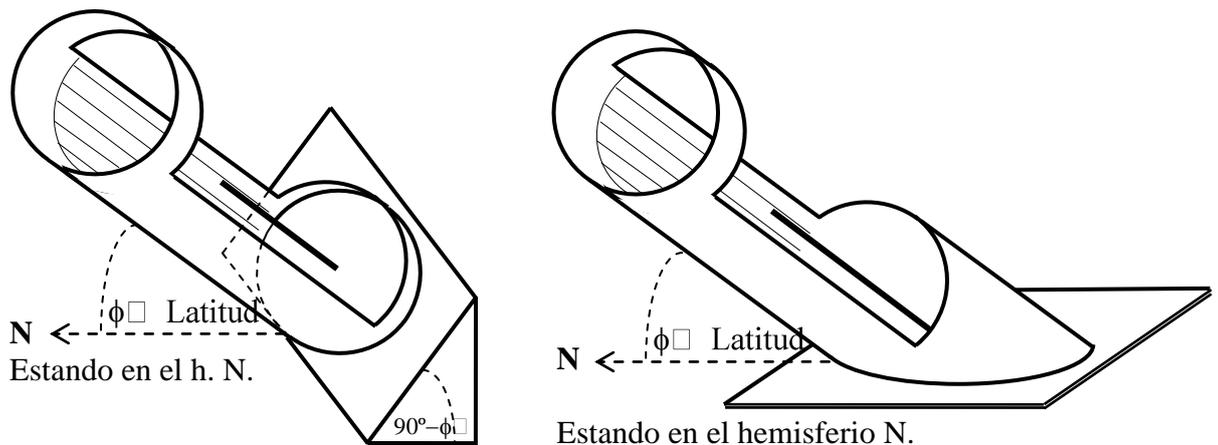


Figura 3: Reloj para la latitud  $\phi$  apoyado sobre una cuña o un corte horizontal del cilindro

Los modelos que aparecen en el gráfico recogen solo 12 horas; pero en cualquier lugar diferente del ecuador, en primavera y verano el día dura más de esas 12 horas, por lo que se puede hacer una mejora.

### Un reloj que recoge todas las horas

¿Por qué no adecuar aquí también la superficie del cilindro a todas las horas en que, a lo largo del año está el Sol por encima del horizonte, tal como ocurría en los dos modelos descritos anteriormente para el polo y el ecuador?

Efectivamente; el modelo a colocar en el polo funcionará siempre que haya sol: las 24 horas en primavera y verano. El modelo del ecuador todos los días del año recoge 12 horas. Al modificar la latitud, es decir la inclinación del cilindro, si queremos que siga siendo tan eficaz tendremos que cortar la arista superior según un **plano horizontal que pase por el extremo del gnomon**.

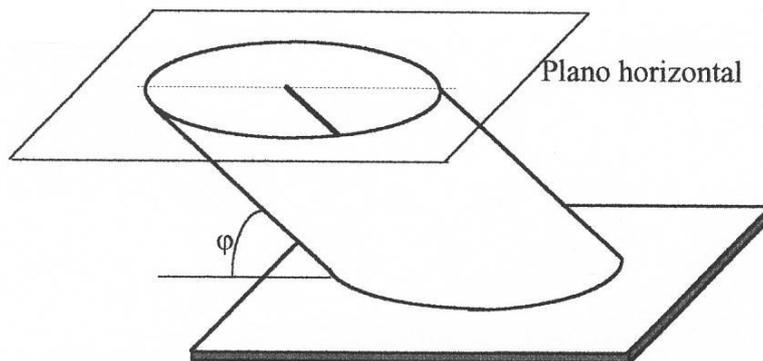


Figura 4: Corte del cilindro para que recoja todas las horas del sol

Siempre que sea de día el Sol está por encima del horizonte y por ello la sombra del extremo del gnomon caerá por debajo del mencionado plano. Por otra parte si no hiciésemos este corte y simplemente inclinásemos el modelo del polo, en otoño e invierno la propia sombra de la pared del cilindro cubriría totalmente el gnomon e impediría el funcionamiento. Y si inclinamos el modelo

del ecuador como en los gráficos anteriores, se perderían las horas adicionales de sol de primavera y verano al principio y final del día.

Para hacer este corte plano que nos dé la arista superior o la inferior se pueden utilizar varios métodos de lo más diversos, siendo el más exacto el cálculo mediante fórmulas trigonométricas de la arista desplegada; pero sin entrar a fondo en este asunto, y teniendo en cuenta que estamos usando procedimientos sencillos, lo más adecuado y fácil de entender sería una vez inclinado el cilindro según la latitud y fijado por ejemplo con una cuña, colocar una superficie horizontal a su alrededor, por ejemplo varios libros, y sobre su superficie deslizar horizontalmente un lapicero que vaya marcando en el cilindro la línea por donde deberemos cortar luego.

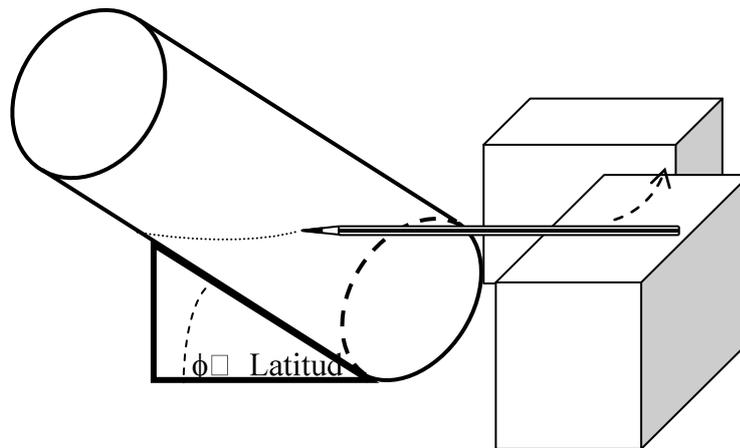


Figura 5: Una manera de marcar la arista horizontal

La línea sobre la que se debe apoyar en el suelo el cilindro es paralela a ésta, y una vez dibujada cualquiera de ellas lo más adecuado es dibujar una plantilla de papel que nos servirá para el otro corte o incluso para elaborar otros relojes con cilindros del mismo diámetro.

Si previamente a cortar el cilindro de esta forma se han marcado las líneas horarias sobre un papel colocado en el interior, desplegando este papel se obtiene una superficie análoga a la del gráfico. Para una latitud de unos  $40^\circ$  la parte superior recoge 9 horas aproximadamente, que será el recorrido de la sombra del extremo del gnomon el solsticio de invierno y la inferior unas 15 horas corresponde al solsticio de verano.

## Calendario y otras utilidades

En la mayoría de los relojes de sol el trazado de las líneas de calendario, que son recorridas por el extremo de la sombra del gnomon en fechas determinadas, es excesivamente complicado para alumnado de secundaria obligatoria. Sin embargo en el reloj cilíndrico es relativamente sencillo y además aporta varias utilidades didácticas que una vez elaborado el reloj lo convierten en un instrumento que permite obtener una serie de datos muy interesantes.

En un reloj de sol la longitud del gnomon no suele ser importante porque la línea en la que se sitúa la sombra de todo él no depende de su longitud. Sin embargo para determinar la fecha es fundamental porque la posición de su

extremo será el indicador de la misma. En primavera y verano el sol está más alto (tiene declinación positiva) y por ello el extremo de la sombra estará más bajo. Lo contrario ocurrirá en otoño e invierno.

Si, como se ha indicado, hemos cortado la arista del cilindro al la altura del extremo del gnomon para poder aprovechar todas las horas de sol, podremos obtener la función del calendario también todo el año.

Para empezar se traza la línea correspondiente a los equinoccios, perpendicular a las líneas horarias, y a la altura del extremo del gnomon (si el cilindro estuviera vertical). A partir de ella para trazar la línea de calendario de una fecha concreta se parte de la declinación solar  $\delta$  en ese día. Siendo R el radio del cilindro, la distancia x entre esta línea y la línea central de los equinoccios es  $x = R \cdot \text{Tg}(\delta)$ , aunque también se puede calcular sin trigonometría dibujando el triángulo de la figura y midiendo con una regla. Si la declinación es negativa la línea está más arriba que la del equinoccio y si es positiva más abajo. De esta manera se van obteniendo una serie de líneas perpendiculares a las líneas horarias que nos proporcionarán aproximadamente la fecha.

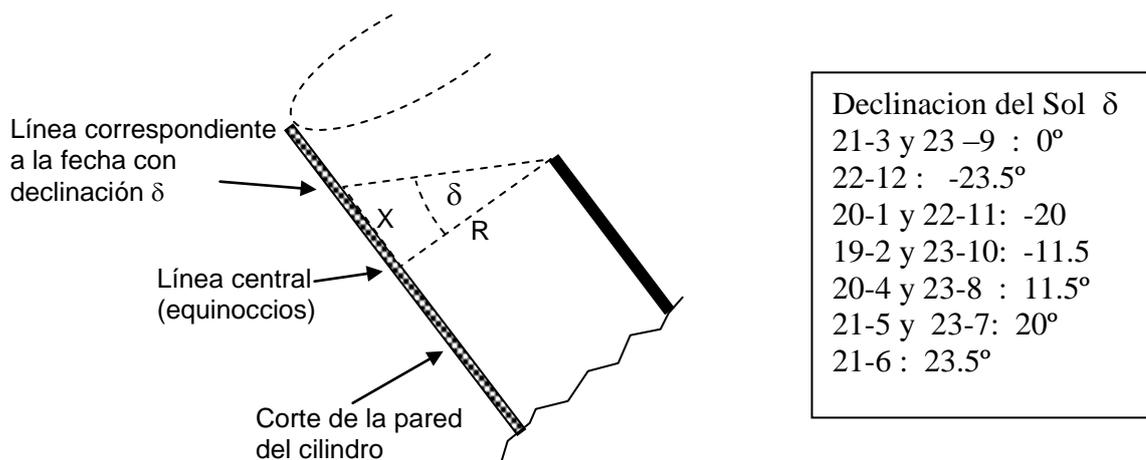


Figura 6: Trazado de las líneas del calendario

Para el trazado de las líneas de calendario hay dos opciones en cuanto a la elección de las fechas que se marcarán como referencia. La solución clásica es marcar las líneas correspondientes a los cambios de los signos zodiacales (aprox. el 21 de cada mes). Aunque es evidente que para nuestro alumnado es mucho más lógico y fácil de leer si se marcan los inicios de cada mes, debido al doble sentido ascendente y descendente de los intervalos (en los meses de otoño la sombras cada vez está más alta y coincidirá con la posición de invierno en que va bajando), estos se van solapando y aparecen demasiadas líneas. En el caso de las líneas zodiacales coinciden las ascendentes con las descendentes tal como se aprecia en el gráfico y queda más claro.

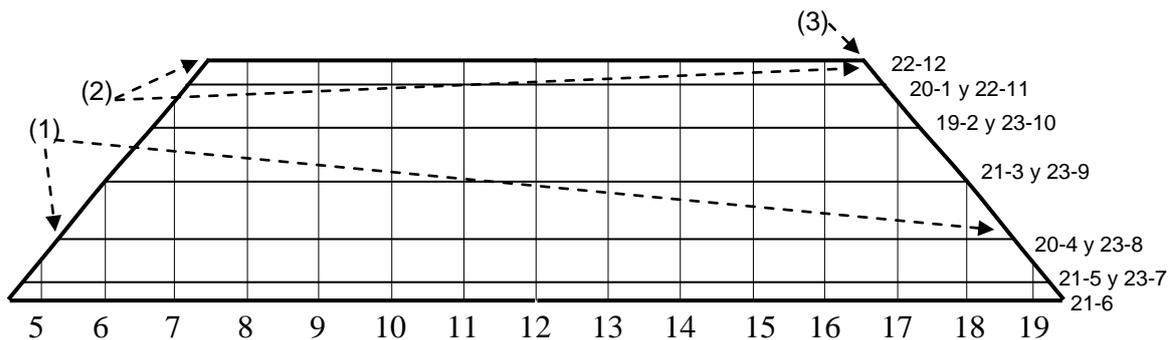


Figura 7: Superficie útil desplegada, con horas y líneas del calendario

Después de cortar el cilindro de la manera indicada y una vez trazado el calendario las líneas de los solsticios (líneas superior e inferior) y la arista del corte del cilindro nos delimitarán la superficie útil sobre la que se proyectará el extremo de la sombra en cualquier momento del año que sea de día, y con ello conseguimos varias utilidades con solo observar nuestro reloj y sin necesidad de que haga sol:

- a) Duración del día según la fecha, que nos la dará la longitud de cada línea de calendario, y se determina fácilmente por su intersección con las líneas horarias.
- b) Horas de salida y puesta de sol en cualquier fecha. Irán determinadas por la línea horaria en que se encuentren situados los puntos de corte de la correspondiente línea de calendario con la arista superior del cilindro.
- c) Lugares de salida y puesta de sol según la fecha. Se visualizarán alineando los mencionados puntos de corte de la correspondiente línea de calendario con la arista superior del cilindro, con el extremo del gnomon, y prolongando hasta el horizonte teórico.

Por ejemplo vemos que el 20 de abril el día en nuestra latitud dura poco más de 13 horas (1) o el 22 de diciembre solo 9 horas (2), y el sol se pondrá a las 16:30 (hora solar) (3), todo lo cual está indicado en el gráfico de la superficie desplegada. En el propio reloj tomando la visual del extremo del gnomon y el corte de la arista con esa fecha se ve el punto del horizonte por el que se pondrá(4).

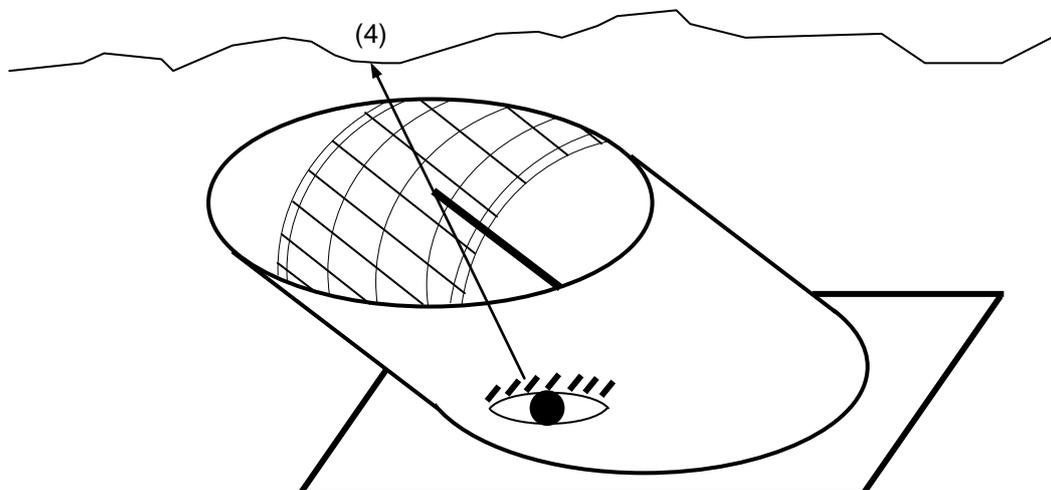


Figura 8: Visualización del lugar de puesta de sol

Aunque nunca lo utilizaremos como reloj, conviene construir además diferentes modelos para el polo, los círculos polares, los trópicos o el ecuador; porque con ellos estas utilidades didácticas mencionadas cobran un valor añadido al permitir visualizar lo que ocurre en esos lejanos lugares y comparar las distintas situaciones.

En definitiva, todas las circunstancias relativas al movimiento aparente del Sol en cualquier fecha y desde cualquier latitud quedan reflejadas de una manera directa y visual en este tipo de reloj que va mucho más allá de su función habitual, y una vez construido proporciona un potente recurso didáctico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Soler, R., *Diseño y construcción de relojes de sol*. Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid 1997
- Pavanello G.C. y Trincherro A., *Relojes de sol*. Edit. De Vecchi. Barcelona 1998