

**Actividades relacionadas**

Ninguna

**Nivel a que va dirigida**

Infantil Escolar inicial	Escolar Medio	Escolar Avanzado	Observaciones públicas	Profesores
-----------------------------	------------------	---------------------	---------------------------	------------

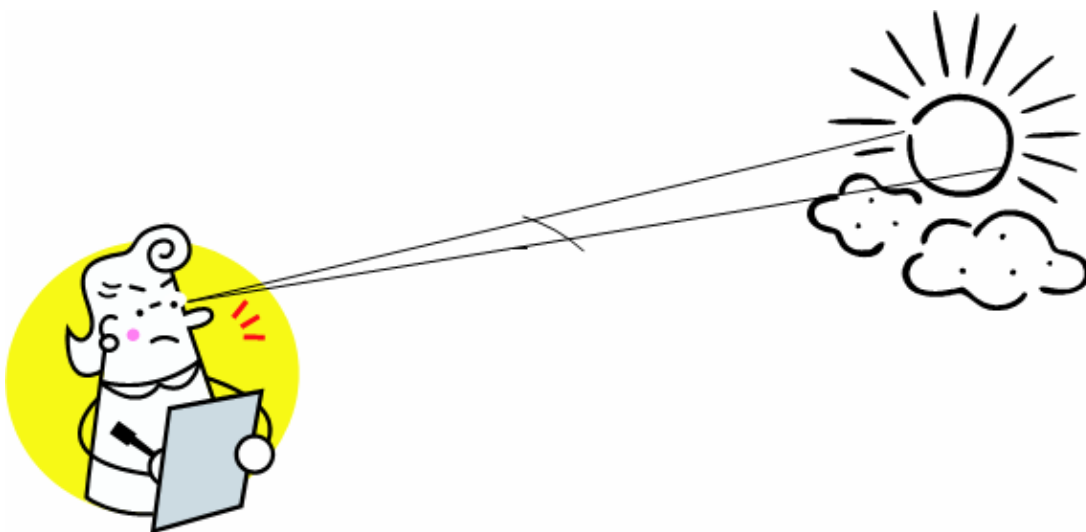
**Descripción**

La distancia Tierra-Sol no es constante, varía ligeramente a lo largo del año debido a que la órbita de la Tierra es una elipse. Esta variación en la distancia produce una pequeña variación en el diámetro bajo el cual se ve el Sol.

Se propone la medida del ángulo subtendido por el Sol en distintas fechas a lo largo del año, para observar esta pequeña variación. La medida de este ángulo se realizará cronometrando el tiempo que emplea el disco solar en cruzar una línea proyección de un meridiano.

Puede usarse cualquier instrumento de proyección del disco solar. Con un instrumento de montura ecuatorial las medidas pueden hacerse en cualquier momento del día en que el Sol no esté demasiado bajo en el horizonte. Con instrumentos de montura azimutal es obligatorio trabajar alrededor de la hora de paso del Sol por el meridiano del lugar.

Este ejercicio es adecuado como trabajo de final de Bachillerato. Si se realizase en varios centros, podrían ponerse en común los datos obtenidos todos ellos.

*Figura 1*

**Objetivos**

Determinar del ángulo bajo el cual se ve el disco solar.

Aprender a realizar medidas indirectas: medida de ángulos mediante un cronómetro.

**Material**

Telescopio, preferentemente refractor con montura ecuatorial, dotado de los accesorios necesarios para la observación del Sol por proyección.

Esta pantalla y soportes era un accesorio de serie de refractores de hace algunos años. Hoy solo se suministra con algunos modelos.

Si no se dispone de telescopio con montura ecuatorial puede utilizarse un telescopio de montura azimutal o un instrumento de proyección del disco solar (su nombre comercial es solarscopio)

Cronómetro 1/10s

Cartulina para la confección de una pantalla para la proyección del Sol

**Operativa**

*Recordatorio: nunca se debe mirar al Sol a través de un telescopio o de cualquier instrumento óptico.*

*En un centro escolar, nunca se deberá dejar un telescopio desatendido, de forma que un alumno pequeño, llevado de su natural curiosidad, pudiese mirar por donde no se debe.*

*Por regla general:*

*En observación del Sol, no montar el buscador. Es innecesario. El apuntado al Sol se realiza mediante la observación de la sombra.*

*Poner las pantallas y sus soportes cuanto antes, creando un obstáculo que impida acercar los ojos al ocular*

*Mantener constantemente el instrumento bajo vigilancia de una persona responsable.*

*Desmontar el tubo óptico en cuanto se hayan hecho las medidas.*

**Puesta en estación**

Se empieza por montar y poner en estación el telescopio.

Trabajando con una montura ecuatorial la buena puesta en estación, con el eje polar del telescopio bien orientado al polo, tendrá repercusión en la calidad de las medidas. Como la mayoría de los observadores no puede tener un telescopio en estación permanente, se aconseja una puesta en estación nocturna unos días antes y la identificación y eventual marca de referencias

que facilitarán las puestas en estación posteriores (marcas permanentes de los pies del trípode, identificación de objetos lejanos, etc.)

Trabajando con una montura horizontal o bien con un solarscopio debe identificarse la dirección Norte Sur, orientar en esta dirección el instrumento, y hacer las medidas en el momento de paso del Sol por el meridiano del lugar.

*Montar accesorios de proyección del disco solar*

*Apuntar el telescopio al Sol y enfocar la imagen del Sol*

Con montura ecuatorial la forma más rápida y segura de apuntar el telescopio al Sol es desembragar ambos ejes e ir moviendo el tubo observando la sombra proyectada en el suelo; cuando la sombra sea mínima aparecerá en la pantalla la mancha brillante del disco solar.

Una vez el sol en el campo del telescopio se enfoca y se modifica el tamaño de la imagen con la rueda de enfoque y ajustando la distancia de la pantalla de proyección. Se aconseja, para esta práctica, trabajar con un diámetro del disco solar proyectado de unos 8 o 10 cm.

Una vez conseguido el enfoque, sorprende la rapidez de su movimiento.

*Pantalla de proyección*

Ver Figura 2 : Se aconseja la proyección del disco solar sobre una cartulina en la que se han trazado dos rectas paralelas, separadas 8 ó 10 cm (rectas r1 y r2) y una tercera recta, perpendicular a las anteriores, la recta M. Se ha de ajustar el conjunto de forma que el disco del Sol sea tangente a las rectas r1 y r2 y que se deslice entre ellas, a modo de guías, como consecuencia de su movimiento diurno aparente. Una buena puesta en estación del telescopio y la posibilidad de girar la pantalla de cartulina facilitarán los ajustes. Es conveniente que esta pantalla de cartulina pueda girarse hasta conseguir la mejor precisión en este deslizamiento. Una vez realizados estos ajustes la línea M es la proyección de un meridiano y se puede cronometrar el tiempo invertido por el disco solar en cruzar dicha línea

Con montura horizontal la pantalla se orientará de forma que las dos líneas paralelas r1 y r2 estén en dirección Este-Oeste y por tanto recta M en dirección Norte-Sur.

## Medida de los tiempos invertidos por el Sol en cruzar el meridiano

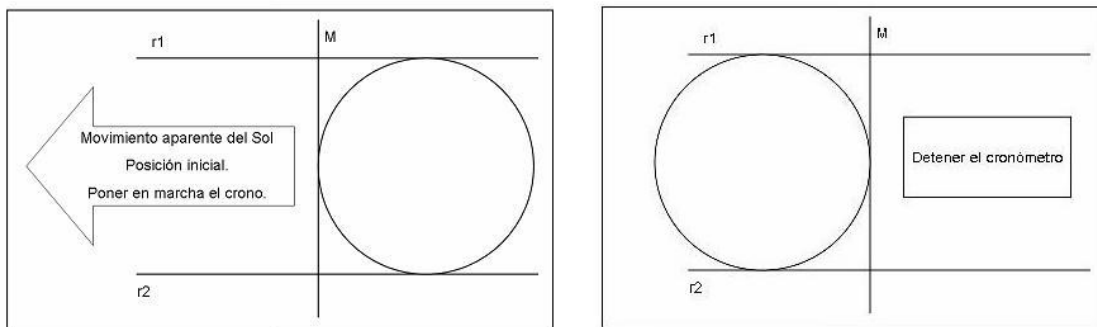


Figura 2

Debe cronometrarse, con la mayor exactitud posible, el tiempo invertido por el disco solar en cruzar la línea M, proyección del meridiano.

Para mayor exactitud la medida deberá repetirse varias veces y promediar los resultados.

Con una montura ecuatorial perfectamente puesta en estación debería ser suficiente mover el telescopio en Ascensión Recta para adelantar el instrumento al movimiento del Sol y realizar nuevas medidas.

Con una montura ecuatorial estos ajustes se consiguen girando el conjunto sobre el eje azimutal.

**Tratamiento de los datos. Cálculo del diámetro angular del Sol**

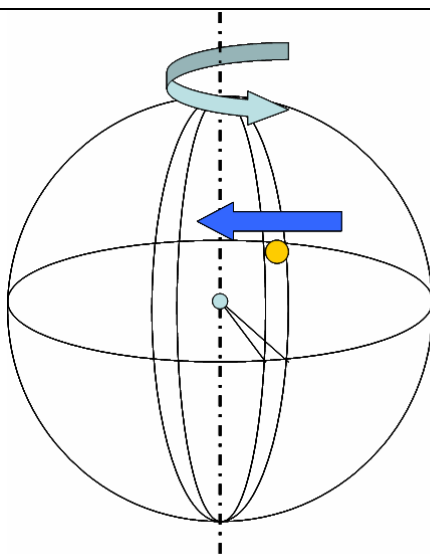
*Observación previa:* Para la comprensión de las figuras y explicaciones se ha de tener bien claro en todo momento si las figuras se refieren a la posición del Sol en la bóveda celeste o a su proyección en una pantalla.

En la bóveda celeste el movimiento aparente del Sol a lo largo del día es de Este a Oeste. Para un observador del hemisferio Norte que observe el movimiento del Sol mirando hacia el Sur, verá al Sol desplazarse de izquierda a derecha.

En cambio si sobre un mapa geográfico o un planisferio representamos el movimiento del Sol, el avance de las regiones soleadas en la sucesión de días y noches, el movimiento de Este a Oeste corresponde a un movimiento de derecha a izquierda.

La movimiento de la imagen del Sol proyectada sobre una pantalla dependerá del sistema óptico (lentes y espejos) que realice la proyección. En el caso más simple, un telescopio refractor con una pantalla en el eje óptico del sistema, observado de espaldas al Sol, el movimiento será de derecha a izquierda (Con este criterio se ha representado la Figura 2)

Los mapas geográficos corresponden a una representación sobre un plano de una parte de una esfera vista desde fuera de la esfera; por el contrario los mapas astronómicos corresponden a representaciones de una esfera vista desde dentro. Ambas visiones son simétricas especularmente, o sea invertidas una respecto a la otra. Un buen ejemplo lo proporciona un rótulo o escrito sobre un cristal (por ejemplo el nombre de un establecimiento comercial pintado sobre la luna del escaparate): se lee bien desde el exterior, pero no es legible, está invertido, visto desde el interior.



El movimiento de rotación de la Tierra, de Oeste a Este (flecha azul claro en la Figura 3) produce un movimiento aparente del Sol de Este a Oeste (flecha de color azul más oscuro)

A partir de la velocidad de rotación de la Tierra y del tiempo empleado por el disco solar en cruzar el meridiano se podrá calcular el ángulo formado por los dos meridianos tangentes al disco del sol.

Figura 3

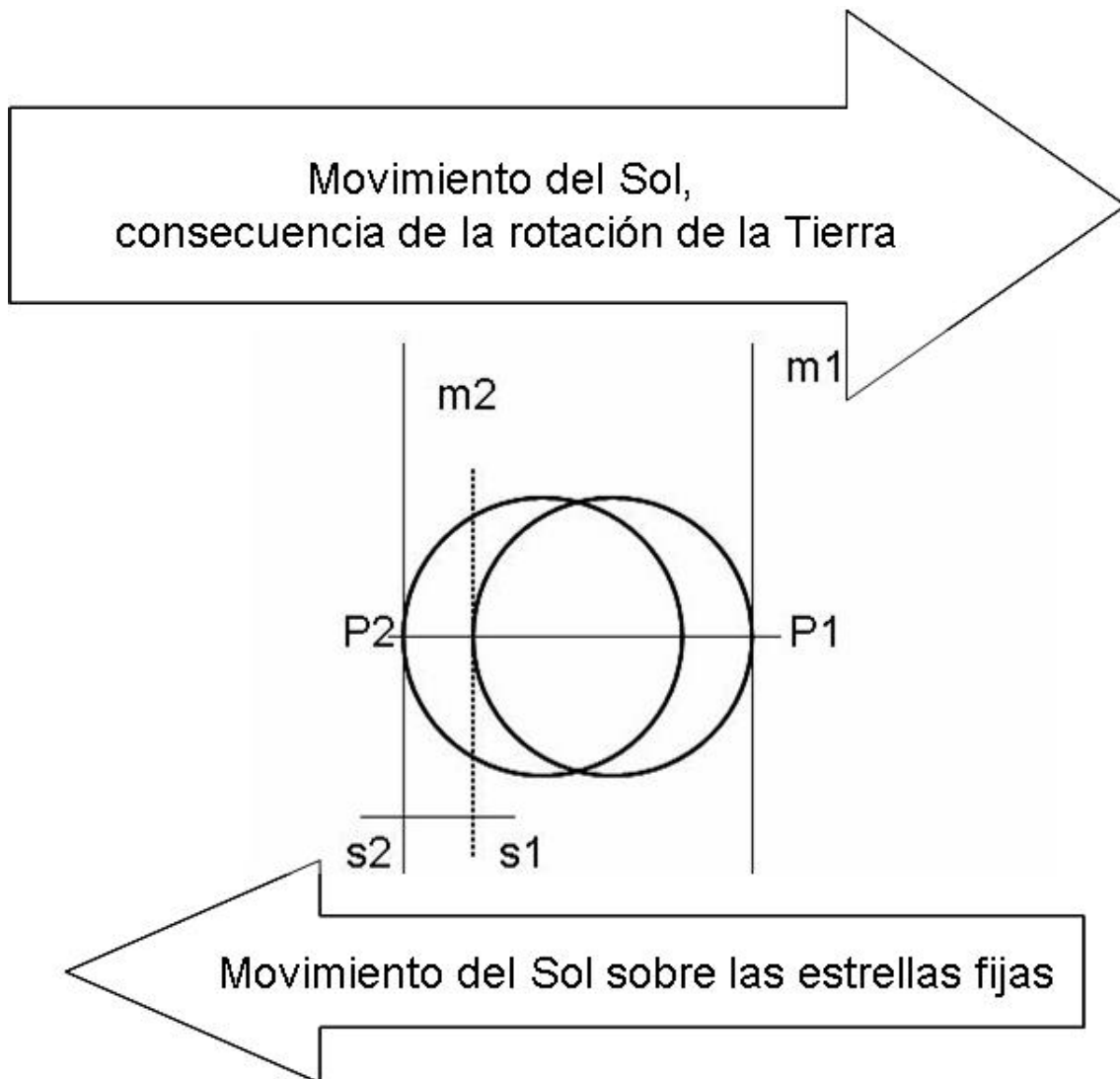


Figura 4

El movimiento aparente del Sol, visto desde la Tierra sobre la bóveda celeste, es el resultado de dos movimientos:

El movimiento de rotación de la Tierra, con una vuelta diaria, a velocidad de rotación constante sobre el fondo de las estrellas fijas.

El movimiento aparente del Sol sobre el fondo de estrellas fijas, consecuencia del movimiento de traslación de la Tierra. Este movimiento no es a velocidad constante.

Ambos movimientos están indicados en la Figura 4 que representa el movimiento aparente del Sol sobre la esfera celeste.

P1 es el punto de tangencia del Sol al meridiano m1 en el instante t1, inicio del tránsito cronometrado

P2 es el punto de tangencia del Sol al meridiano m2 en el instante t2, final del tránsito cronometrado.

Los meridianos m1 y m2 pueden considerarse como la proyección en la esfera celeste de la línea que atraviesa el Sol en nuestra pantalla de proyección. Esta línea barre la esfera celeste, arrastrada por el movimiento de rotación de la Tierra a velocidad constante, medida sobre el fondo de las estrellas una vuelta por día sidereal, 23 horas 56 m 4 s., 23,9345 horas

Sea T el tiempo medido de cruce del disco solar sobre el meridiano. El valor del ángulo diedro formado por dos meridianos separados por un intervalo de T segundos en su paso con el meridiano del lugar de observación es (expresado en segundos de arco)

$$T_{\text{segundos}} \times \frac{360^\circ}{23,9345 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}} \times \frac{3600''}{1^\circ} \quad [A]$$

En la Figura 4 este ángulo sería el ángulo diedro formado por los meridianos m1 y m2.

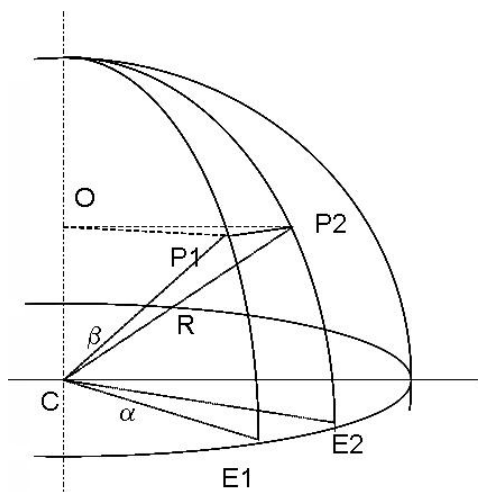
A este valor se le debe restar la variación en Ascensión Recta del Sol en durante el intervalo de medida, T segundos. (desplazamiento s1-s2 en la Figura 4)

Se calculará a partir de los valores de Ascensión Recta obtenidos del Anuario Astronómico o de Internet (Puede verse la ficha Creación de Anuario)

Sean AR1 y AR2 la Ascensión Recta de las 0 h y las 24 h del día de realización de la medida.

El desplazamiento, en segundos de arco, es

$$T_{\text{segundos}} \times \frac{(AR2 - AR1) \text{ segundos de AR}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}} \times \frac{15''}{1 \text{ segundo AR}} \quad [B]$$



El ángulo diedro obtenido de la resta de los valores obtenidos en las expresiones [A] y [B] corresponde al ángulo  $\alpha$  de la Figura 5

El ángulo bajo el cual se ve el Sol corresponde al ángulo  $\beta$ , en esta misma Figura 5

La relación entre estos dos ángulos, teniendo en cuenta que son muy pequeños, se obtiene a partir del arco P1P2.

Figura 5

El ángulo P1CE1 es la Declinación del Sol, obtenida del Anuario Astronómico o de un cálculo sustitutivo, como se indicó más arriba para la Ascensión Recta.

P1P2, medido sobre la circunferencia menor de centro en O:

$$\text{arco } P1P2 = R \cdot \alpha \cdot \cos(\text{DecSol})$$

P1P2, medido sobre la circunferencia máxima que pasa por P1 y P2:

$$\text{arco } P1P2 = R \cdot \beta$$

La igualación de estos dos arcos es válida por tratarse de ángulos pequeños (del orden de  $\frac{1}{2}$  grado):

$$\beta = \alpha \cdot \cos(\text{DecSol})$$

### **Variación del ángulo a lo largo del año**

La repetición de la medida y cálculos a lo largo del año permite la comprobación de la variación del ángulo bajo el cual se ve el Sol, máximo en el momento del afelio, mínimo en el momento del perihelio.

Esta determinación es independiente del lugar donde se realice la observación. Los datos de varios observadores pueden ser intercambiados o comparados o incluso puede hacerse una sola gráfica con los datos de distintos observadores.

El ejercicio se propone a los centros escolares como trabajo de fin de Bachillerato de algunos alumnos.

Desde la coordinación de las actividades en los centros escolares, dentro de la preparación del Año Internacional de la Astronomía, se puede realizar la labor apuntada de recogida de datos de los centros participantes.



### **Otros recursos**

Para la realización de los cálculos se necesitan las coordenadas del Sol.  
Se tomarán de un Anuario Astronómico o se descargarán Internet.

Dentro de las fichas de actividades para el año internacional habrá una explicando el procedimiento.



### **Versión y fecha**

Versión 1.1.- 17 de Noviembre de 2008

Las fotos adjuntas deben ser sustituidas por otras en que sea más evidente el montaje de los accesorios que permiten la proyección del disco solar sobre la pantalla.

Pendiente de revisión.

Pendiente la referencia cruzada con la actividad de obtención de datos del Anuario Astronómico (sustituido por datos bajados de Internet).

Pendiente de darle el formato definitivo común a todas las fichas.

Pendiente la inclusión el cabecera del Logo o del Banner del Año Internacional

### **Autor y colaboraciones**

El autor de esta ficha, Pere Closas, realizó este ejercicio y publicó los resultados en el Boletín interno de Aster, Agrupació Astronòmica de Barcelona.

En conversaciones con profesores de secundaria comentaron que les parecía que podía ser un trabajo optativo para alumnos de final de Bachillerato.