Guía didáctica del Jardín de Astronomía del Parque de las Ciencias

Autores: Vicente López, Técnico de Astronomía del Parque de las Ciencias
Manuel Roca, Técnico de Ciencias Físicas del Parque de las Ciencias

Parque de las Ciencias
COMUNIDAD EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Granada, 19 de Junio de 2001

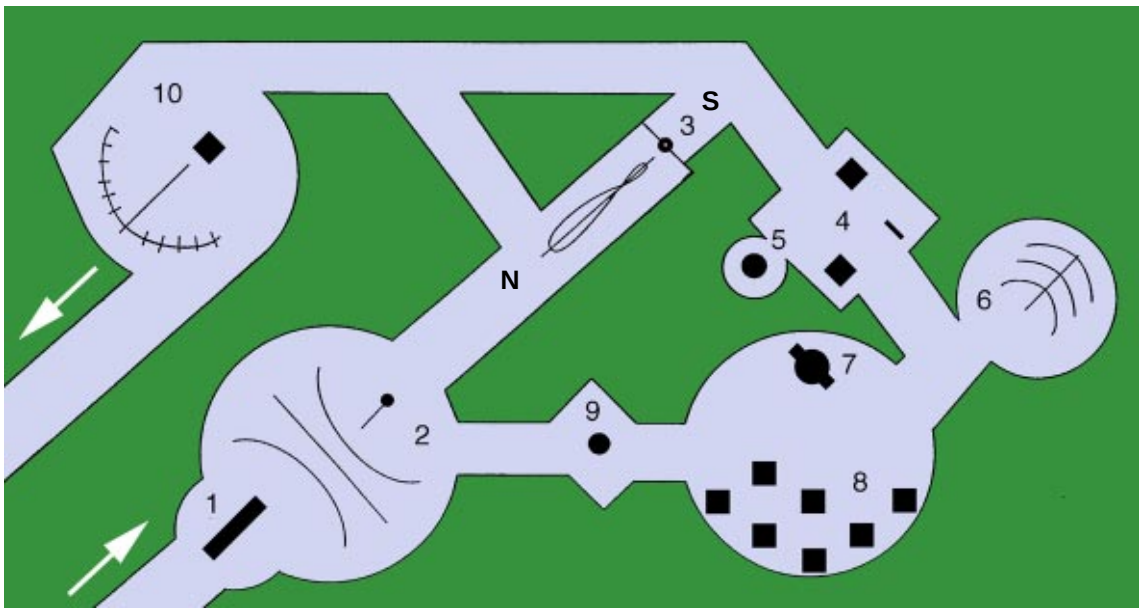
Presentación

El Jardín de Astronomía del Parque de las Ciencias reune un conjunto de instrumentos de observación usados a lo largo de la Historia y de modelos celestes diseñados para seguir los movimientos relativos del Sol, la Tierra, la Luna y las estrellas y entender las consecuencias que esos movimientos tienen sobre nuestro planeta.

En él podremos respondernos con exactitud a preguntas triviales como la sucesión de los días y las noches y a otras para las que, a pesar de ser cotidianas, como el paso de las estaciones, la duración del año o la diferencia entre la hora solar y la oficial de nuestros relojes, no tenemos la respuestas tan claras.

Esta guía es un material didáctico para entender los distintos elementos del Jardín de Astronomía. Está dirigido tanto al profesorado como a las personas que quieran hacer una visita detallada del Jardín.

Contiene los conceptos mínimos necesarios sobre la esfera celeste, el ecuador y los meridianos celestes, la eclíptica y las coordenadas celestes. Propone una serie de actividades a realizar en el aula o en casa antes de la visita, útiles para familiarizarse con los conceptos citados y para despertar el interés de los más jóvenes sobre el tema. Continúa con la descripción de los módulos del Jardín indicando todas las funciones que cada uno de ellos puede realizar y termina sugiriendo nuevas actividades para llevar a cabo después de la visita.



1.- Plincton de Tolomeo
2.- Gnomon
3.- Meridiana
4.- Relojes de Sol
5.- Esfera celeste
6.- Recorridos del Sol
7.- Luces y sombras sobre la Tierra
8.- Maquetas de observatorios astronómicos
9.- Modelo de eclipses
10.- Reloj de Sol interactivo

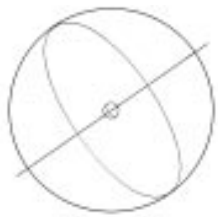
Definiciones astronómicas útiles para la visita

El Sol, la Luna, los planetas y las estrellas están a muy distintas distancias de la Tierra pero todas están tan lejos que desde la antigüedad se imaginaron sobre una esfera con centro en la Tierra a la que se llamó esfera celeste. Esta representación sigue siendo útil hoy día para describir la posición y el movimiento de los astros. Sobre esta esfera celeste de la que encontraremos un modelo en el Jardín, definiremos los conceptos astronómicos básicos.

Recomendación: repasar sobre una esfera terrestre los conceptos de Polos, Ecuador, Meridianos y Paralelos.

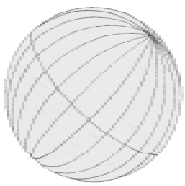
Esfera terrestre

Prolongando el eje de la Tierra por los dos Polos obtenemos una línea que corta a la esfera celeste en otros dos puntos que son los **Polos celestes Norte y Sur**.

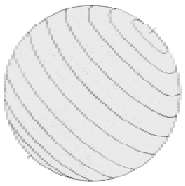


Esfera celeste

De la misma forma, prolongamos el plano del Ecuador terrestre hasta que corte la esfera celeste y obtenemos una circunferencia que es el **Ecuador celeste**.



Trazando circunferencias sobre la esfera celeste que pasen por los Polos dibujamos los **Meridianos celestes**. Asímismo,



los círculos paralelos al Ecuador celeste se llaman **Paralelos celestes**.

Para fijar la posición de un astro sobre la superficie de la esfera celeste se necesitan dos datos, las **coordenadas celestes**, igual que para dar la posición de un punto sobre la Tierra. Al final del cuaderno, en Para saber más, encontrarás sus nombres, definiciones y un **glosario** de los términos usados en la Guía.

Actividades recomendadas antes de la visita

Todos sabemos que el eje de rotación de la Tierra está inclinado 23'5º respecto a la perpendicular al plano de su órbita alrededor del Sol pero no somos del todo conscientes de que esta inclinación es la responsable de la sucesión de las estaciones. Por eso recomendamos hacer en el aula (o en casa) la siguiente actividad.

Actividad 1 *Rotación y traslación terrestre*

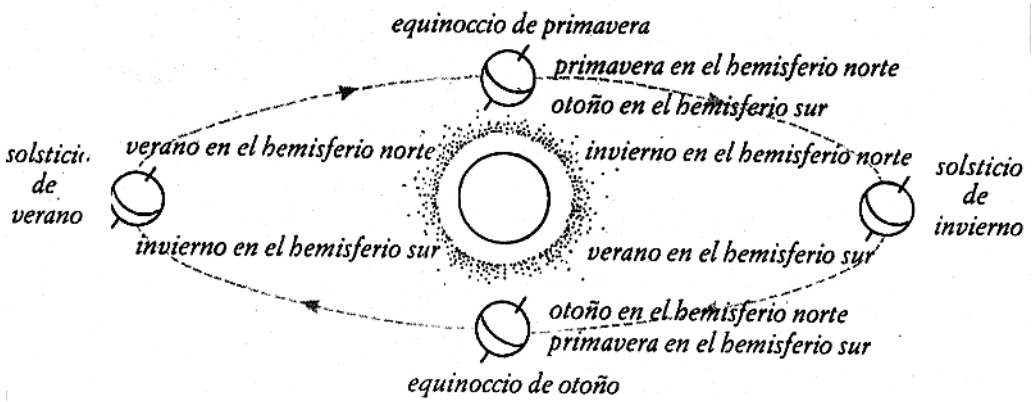
Necesitamos:

Una esfera terrestre con su pie que lleva ya la inclinación correcta del eje.

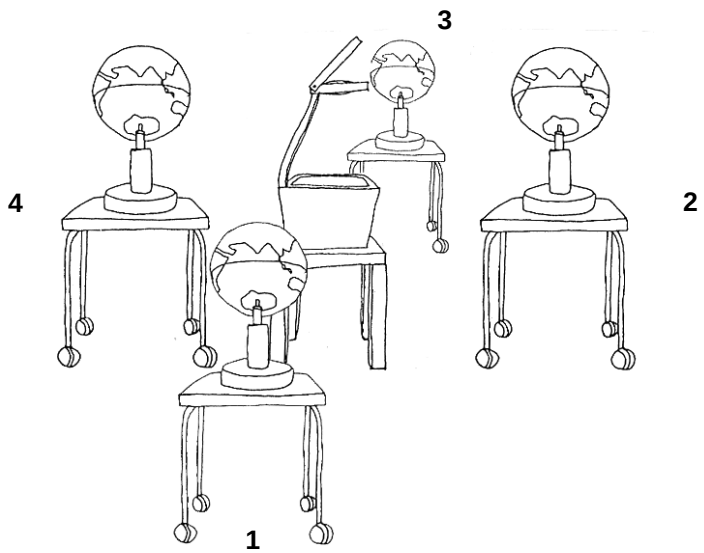
Una mesita con ruedas sobre la que se coloca la esfera terrestre y que iremos trasladando en un círculo alrededor del Sol.

Un foco de luz colocado sobre una mesa en el centro del aula que representará el Sol. Puede ser un flexo o, mejor, un retroproyector que iremos girando para que ilumine siempre a la Tierra. El foco debe estar a la misma altura que la Tierra.

Se trata de transformar este dibujo bien conocido que al estar en un plano oculta la mayor parte de la información,



en esta situación en tres dimensiones con la que podemos experimentar:



Comenzamos, por ejemplo, en la posición 1 de la figura con el Polo Norte del eje de la Tierra apuntando hacia el Sol (el foco central) y tomaremos nota de un punto distante fuera del aula que coincida con esa dirección. Es conveniente oscurecer el aula.

Al encender el Sol observaremos que la mitad de la esfera terrestre está iluminada - es de día- y en la otra mitad es de noche. Siempre habrá media esfera iluminada. Podemos girar la Tierra y y ver la sucesión del **día y la noche como consecuencia de la rotación terre**stre. Pero lo más importante es fijarse en que la línea que separa el día de la noche no coincide en absoluto con los **meridianos terrestres**. Está iluminado más de la mitad del Hemisferio Norte y menos de la mitad del Sur. Se calentará más el Norte de la Tierra. Esta posición corresponde al 21 de Junio y es el comienzo del verano en nuestro Hemisferio y del invierno en el Sur.

Observar que en el Polo Norte hay un día permanente mientras que en el Sur es de noche.
Merece la pena tomar un palito (puede ser medio palillo de dientes) y colocarlo perpendicularmente a la superficie de la Tierra en distintos lugares para comprobar por la longitud de la sombra dónde los rayos solares caen más o menos perpendiculares.

A continuación trasladamos la mesita con la Tierra alrededor del Sol hasta la posición 2 cuidando de que el eje terrestre siga siempre apuntando al mismo punto distante del principio. Giramos el foco solar para que alumbre en la nueva dirección. Ahora nos encontramos con que el Sol llega rasante a los Polos. La línea de separación día-noche sí sigue exactamente los meridianos. Damos una vuelta completa a la Tierra y comprobamos que en todos los puntos habrá 12 horas de día y 12 de noche, cosa que no ocurría en la posición 1. Los dos Hemisferios, Norte y Sur, reciben la misma iluminación. Es el momento de la entrada del otoño en nuestro Hemisferio y de la primavera en el Sur. Con los palitos vemos cómo han cambiado las sombras en los mismos lugares en los tres meses correspondientes al desplazamiento que ha efectuado la Tierra.

Llevando la Tierra a la posición 3 (manteniendo la misma dirección siempre para el eje) comprobamos que se ha invertido la situación 1. Lo que ocurría para el Norte sucede ahora para el Sur y viceversa. Comienza el invierno para nosotros y el verano para el Hemiferio Sur.

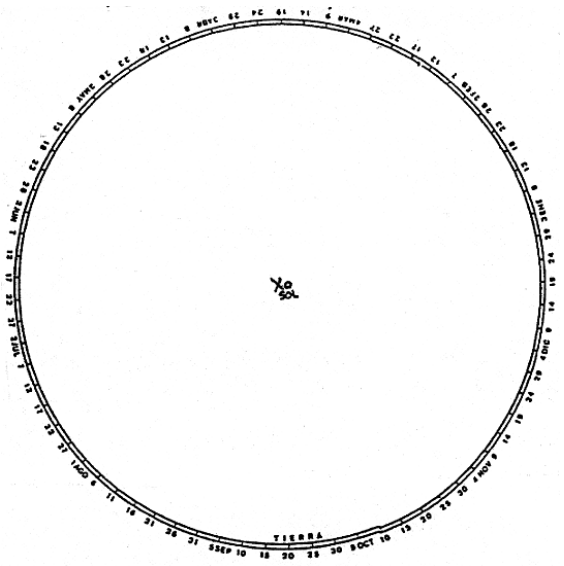
La posición 4 correspondiente al 21 de Marzo es idéntica a la 2. Comienza la primavera en el Hemisferio Norte y el otoño en el Sur.

Resumiendo: con esta actividad podemos comprobar las diferencias de iluminación solar en cada punto de la Tierra en cualquier fecha del año y hora del día. Con ello estableceremos las causas de las estaciones del año.

Otra utilidad de esta actividad es introducir el concepto de eclíptica. Si nos imaginamos a las estrellas situadas en las paredes, suelo y techo de la habitación, podemos ver que, al trasladarse la Tierra, el Sol estará, visto desde nuestro planeta, sobre un fondo de estrellas que irá cambiando poco a poco. Parece como si el Sol describiera una línea entre las estrellas a lo largo del año. Esa línea es la que llamamos eclíptica. En realidad, el plano de la eclíptica es el plano de la órbita de la Tierra. El nombre viene de que es necesario que la Luna esté en ese plano para poder alinearse con el Sol y la Tierra y producir un eclipse.

Nota

Quizás convenga resaltar en este momento que la distancia de la Tierra al Sol no tiene nada que ver con las estaciones. Es muy útil mostrar a los alumnos la órbita terrestre a escala reproducida a continuación.



La excentricidad de la elipse es tan pequeña que a simple vista no se distingue de una circunferencia. Lo que sí se nota es que el Sol no está exactamente en el centro. En la figura hemos dibujado el centro con un aspa y el Sol con un círculo. Si tomamos un compás comprobaremos que es prácticamente una circunferencia. También debemos hacer notar que el momento en que estamos más cerca del Sol corresponde al 4 de Enero.

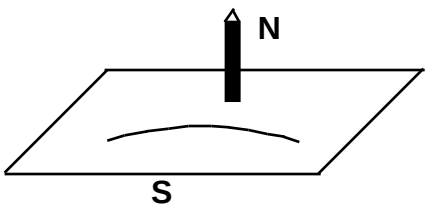
Observando la rotación de la Tierra

Puesto que la Tierra gira sobre su eje, toda la esfera celeste parece dar una vuelta al día alrededor nuestro. Podemos observar este movimiento tanto durante el día como por la noche.

Actividad 2 El gnomon

Necesitamos:

un tablero de madera sobre el que pegaremos un papel tamaño A3 y un palito de unos 5 centímetros (puede servir un lápiz) en posición vertical como indica la figura.



El palito vertical se llama gnomon que significa palo o bastón en griego. Colocamos el tablero sobre una mesa soleada y bien nivelada orientándolo aproximadamente al Norte y marcamos sobre el papel la punta de la sombra del gnomon cada media hora, por ejemplo, durante todo el día. Alrededor del mediodía podemos hacerlo más frecuentemente. Es útil anotar la hora en cada marca. ¡Por supuesto que no debemos mover el conjunto!

La variación de la sombra nos indica cómo ha ido cambiando la posición aparente del Sol a lo largo del día.

Podemos después trazar la línea que une todos los puntos. Nos saldrá una rama de hipérbola. El momento en que la sombra es más corta indica el mediodía solar. Es interesante comprobar que no corresponde a las doce del reloj. El Jardín de Astronomía explicará por qué.

Otra utilidad: la línea que va del gnomon al punto más cercano de la sombra está exactamente orientada Norte-Sur. Podemos dejarla marcada en ese lugar para otras actividades posteriores.

Actividad 3 *Observación nocturna*

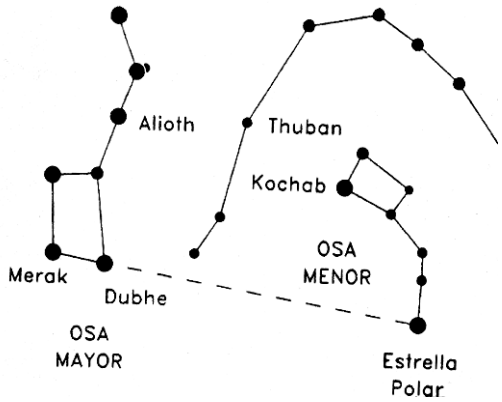
Necesitamos:

Un planisferio o una guía del cielo, nuestros ojos, linterna con celofán rojo, papel, lápiz y un lugar donde las luces de la ciudad no nos oculten la mayoría de las estrellas.

Planisferio

Guía del cielo

A partir del atardecer empezamos a observar la aparición de las primeras estrellas más brillantes. Nos fijaremos especialmente en alguna que esté cerca del horizonte y anotamos (dibujar puede ser un buen método) su posición respecto a lo que haya a su alrededor.
A continuación, con la ayuda del planisferio o la guía, trataremos de identificar tres o cuatro constelaciones conocidas como por ejemplo, la Osa Mayor. Buscaremos la estrella Polar siguiendo la indicación del dibujo:



Después de este rato comprobamos que la estrella inicial ha cambiado de posición. Si continuamos la observación durante un par de horas veremos cómo todas las estrellas giran conjuntamente alrededor de la Polar como si realmente estuvieran fijas a una esfera que rota sobre nuestras cabezas.
Si es una noche con Luna merece la pena dibujar su posición tomando como referencia las estrellas de su alrededor. Mejor si identificamos en qué **constelación** está.

Actividad 4 *¿Todas giran igual?*

Con un poco de tenacidad podemos descubrir que algunos astros no mantienen su posición en esa esfera celeste.
Si repetimos la observación de la Luna de la Actividad 3 a la noche siguiente veremos que ha cambiado considerablemente su posición respecto de las estrellas en sólo 24 horas.
Desde la antigüedad se describe la presencia en el cielo de siete astros errantes visibles a simple vista. Son los planetas Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno (los demás no fueron descubiertos hasta la invención del telescopio) y la Luna y el Sol.

Actividad 5 *El Sol también parece moverse (visto desde una Tierra en movimiento)*

Si somos capaces de no mover el gnomon durante una semana o de volver a colocarlo en la misma posición respecto al Norte, podemos repetir la **Actividad 2** al cabo de ese tiempo. Trazamos de nuevo la línea que une los puntos de la sombra del gnomon y veremos que ha cambiado. Aparecerá una línea parecida a la anterior pero desplazada. Ese desplazamiento indica que el Sol también ha cambiado su posición en el cielo.

La visita al Jardín en el Parque de las Ciencias

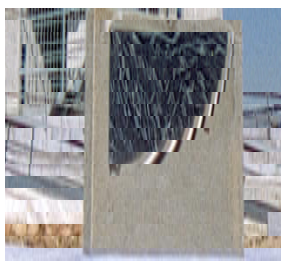
Antes de entrar en el Jardín encontramos un **Reloj de Sol corregido** que da la hora oficial de nuestros relojes en vez de la hora solar. Sigue sus instrucciones, lee la hora y compruébala con la tuya.

Después de visitar detenidamente el Jardín entenderemos la extraña figura en forma de ocho llamada **Analema** y las razones geopolíticas, económicas y astronómicas que hacen que entre la hora solar y la oficial pueda haber una diferencia de hasta dos horas y veinte minutos en Granada.

No hay un itinerario fijo para la visita. De hecho, unos módulos apoyan a otros y aclaran mejor o refuerzan los conceptos que hemos aprendido en otros. Será normal que nos apetezca volver a un módulo ya visitado después de haber trabajado con otro. La descripción de esta guía irá siguiendo el recorrido de las flechas del plano general.

1.- El Plincton de Ptolomeo

El Sol aparece por el horizonte al amanecer, va elevándose a lo largo de la mañana y alcanza su máxima altura al mediodía. Se trata del mediodía solar que ocurre cuando el Sol pasa exactamente por el meridiano Norte-Sur, el momento en que los relojes del Jardín marcan las 12 horas. Por eso el Plincton está orientado en esa dirección.



Consiste en una placa en forma de arco y un **estilo** corto (se llama estilo a toda varilla que produzca las sombras en los relojes de Sol) colocado horizontalmente en el vértice. La sombra del estilo será pequeña

por la mañana en el lado Este y por la tarde en el Oeste pero es larga al mediodía y llega hasta el limbo graduado del borde donde hay tres escalas:

> Una marca la **declinación** solar del día en que estamos, es decir, el ángulo que forma el Sol con el Ecuador celeste.
> Otra indica la **altura** solar, el ángulo que forma el Sol con el horizonte.
> Como estos dos datos varían al largo del año y a cada día le corresponde un valor determinado, la tercera escala determina la *fecha de hoy*.

El Plincton de Ptolomeo es, pues, un calendario solar de precisión para usar al mediodía.

Fuera de ese momento del mediodía no podemos usarlo como calendario pero sí nos proporciona una gran cantidad de información concentrada en la placa:

> Los dos **equinoccios** de Primavera y Otoño (los momentos del año en que comienzan esas estaciones) ocurren cuando el Sol cruza el Ecuador celeste, es decir, cuando su declinación es cero.
> Los dos **solsticios** de Verano e Invierno (de nuevo los momentos de inicio de esa estaciones) se producen cuando el Sol se separa al máximo del Ecuador. ¿Y cuánto se separa? Precisamente los 23,5º de la inclinación del eje de la Tierra que hemos visto en la **Actividad 1**.
> En Granada el Sol nunca llega a alcanzar el Cénit.
> La variación de la *altura solar* no es regular a lo largo del año. Es más rápida en los equinoccios (hay más distancia entre las marcas de los días) y más lenta en los solsticios (las marcas están más juntas).

Podremos experimentar directamente las variaciones de la *altura solar* en el módulo **Los recorridos del Sol**.
El **Plincton** puede usarse para medir la duración exacta del año, tarea en la que han trabajado los astrónomos a lo largo de la Historia. El hecho de no tenga un número entero de días (sino 365 y casi un cuarto) hace que la escala de fechas tenga obligatoriamente una imprecisión de un día que se corrige cada cuatro años intercalando ese día como 29 de Febrero en el año bisiesto. La Primavera puede comenzar el 21 o el 22 de Marzo y lo mismo ocurre con los demás momentos del equinoccio de Otoño y de los solsticios.

2.- El gnomon

A continuación nos encontramos con un gran gnomon como el construido para la **Actividad 2**. El centro del círculo está a un altura de 1,5 metros y su sombra es la que debemos registrar sobre el suelo.
Ya están trazadas las líneas correspondientes a las fechas claves del año y a las horas solares del día.
Es el instrumento astronómico más simple y más antiguo y, sin embargo, recoge toda la información sobre el movimiento aparente del Sol y sus consecuencias sobre la Tierra.
La sombra más larga corresponde al solsticio de Invierno ya que, como hemos visto en el **Plincton**, es el día en que el Sol está más bajo sobre el horizonte. Lo contrario sucede en el solsticio de Verano. Curiosamente, el trazo de la sombra correspondiente a los dos equinoccios es una línea recta orientada Este-Oeste.

El resto de las líneas de fecha están trazadas a intervalos regulares de tiempo que corresponden a los días próximos al 21 de cada mes pero no a la fecha exacta del día 21 ya que nuestro calendario es irregular, con meses de distinta duración, además de la imprecisión comentada de los años bisiestos. Sin embargo, midiendo las pequeñas variaciones de la longitud de las sombras que se producían de un año a otro durante largos periodos se pudo medir la duración del año antes de la Era cristiana con precisión de minutos.
Además están trazadas las líneas horarias. Conviene fijarse en que el punto de convergencia de estas líneas no es la base del gnomon sino un punto del suelo situado donde está el texto informativo. Si pudiéramos poner el ojo en ese punto del suelo veríamos la estrella Polar centrada en el círculo del gnomon.

El gnomon nos da otra información interesante: el punto de fuga de cada línea hacia el Este y el Oeste nos señala la dirección de la salida y puesta del Sol cada día. Podemos ver que sólo sale por el Este los dos días de los equinoccios. Conforme avanza la Primavera la salida del Sol se va desviando hacia el Norte hasta llegar el Verano. Desde ese momento vuelve a acercarse al Este y a partir del Otoño comienza a desviarse hacia el Sur. Con el Invierno se completa el ciclo retornando de nuevo al Este. La causa es la misma que produce la variación de la altura del Sol y el cambio de duración de los días y las noches: la inclinación del eje de rotación terrestre que hemos investigado en la **Actividad 1**. Todas estas variaciones periódicas juntas son las que dan lugar a las estaciones del año.

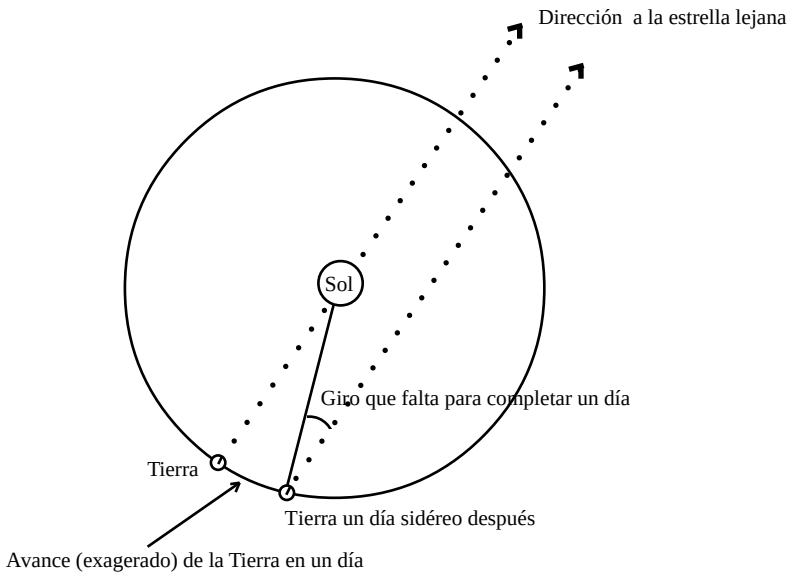
Una precisión más para los aficionados a las matemáticas: las líneas de las sombras de cada día son ramas de hipérbolas aquí en Granada pero cambian a parábolas y elipses al acercarnos al Polo. Es fácil darse cuenta de que un gnomon colocado en el mismo Polo tiene que dar sombras circulares! En el módulo **Luces y sombras sobre la Tierra** podremos incluso experimentarlo.

3.- La Meridiana del lugar

Avanzamos por el paseo orientado Norte-Sur y encontramos en el suelo la figura ya conocida del Analema en forma de ocho con una línea recta que lo cruza. Sobre él hay un arco con un disco que deja pasar un rayo de sol.

En este módulo vamos a aprender que un día no tiene 24 horas con sus 86.400 segundos como habíamos creído siempre (86.400 segundos = 24 horas x 60 minutos cada hora x 60 segundos cada minuto). ¿No es un día el tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta? Y, ¿es que la Tierra no gira con regularidad sobre sí misma? Para entenderlo tendremos que distinguir entre **día solar** y **día sidéreo**.

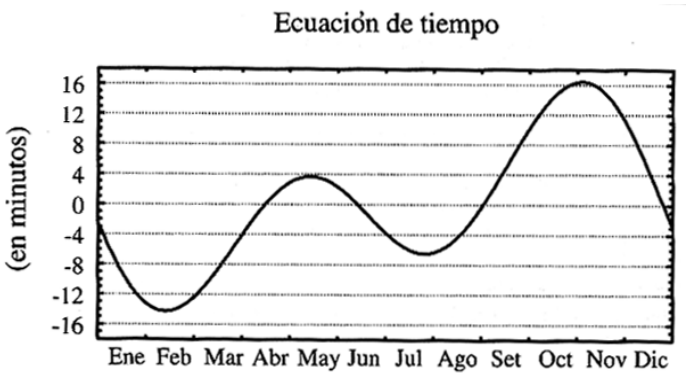
La diferencia entre ambos surge de que nuestro planeta se traslada alrededor del Sol al mismo tiempo que gira sobre su eje. Un día sidéreo es lo que tarda la Tierra en dar una vuelta respecto de una estrella lejana y este tiempo sí es muy regular. Un día solar, el que nos interesa para la vida cotidiana, es una vuelta respecto al Sol. En el esquema siguiente vemos que cuando Granada vuelve a estar frente a la misma estrella que el día anterior, aún no está frente al Sol. El día solar tiene que ser un poquito más largo que el sidéreo, unos cuatro minutos por término medio.



¿Por qué decimos “por término medio”? Pues porque la órbita de la Tierra no es exactamente circular y la velocidad con la que la recorremos tampoco es siempre la misma. Además la inclinación del eje terrestre también influye en el pequeño ángulo que la Tierra tiene que girar desde que está frente a esa estrella de referencia hasta que enfrenta al Sol. Esto hace que, a lo largo del año, unos días sean unos segundos más cortos o más largos que otros.

Estas pequeñas diferencias eran conocidas en la antigüedad pero no pudieron medirse con exactitud hasta que aparecieron relojes de péndulo fiables. Como hacer relojes que marchen a velocidades ligeramente distintas cada día era inviable (quizás no lo sería hoy día) se decidió establecer días oficiales iguales de 24 horas cada uno tomando como patrón la media de todos los días del año. Al tiempo medido así se le llama *tiempo medio*. Como el Sol no entiende de estos arreglos humanos, la hora solar, llamada *tiempo verdadero*, se adelanta o atrasa respecto del tiempo medio a lo largo del año. Esta es una de las causas de la diferencia entre la hora solar que marcan los **Relojes de Sol** que veremos a continuación y la hora oficial de nuestros relojes de pulsera.

A la diferencia entre el tiempo verdadero y el tiempo medio se le llama *Ecuación del tiempo*.



Ecuación del tiempo = Tiempo verdadero - Tiempo medio

Después de todo este preámbulo podemos disfrutar del módulo. La línea recta central marca exactamente la dirección Norte-Sur. Se la llama **Meridiana local**. Paseando sobre ella estaremos siguiendo un meridiano terrestre.

El momento en que el rayo de Sol cae sobre la Meridiana divide realmente al día en dos mitades iguales, la mañana y la tarde. Es el **mediodía verdadero**. Cuando incida sobre la línea curva del analema (en la fecha de hoy) será el **mediodía medio**.

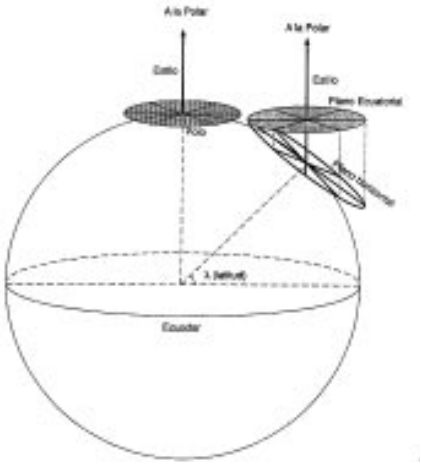
Por otras razones, que veremos en **Los relojes de Sol**, en el momento del mediodía medio nuestros relojes marcarán la una y catorce minutos en horario de invierno y las dos y catorce minutos en horario de verano.

4.- Los relojes de Sol

El sol avanza 15 grados cada hora en el cielo (en realidad es la Tierra la que gira en sentido contrario pero el resultado es el mismo) produciendo un desplazamiento de las sombras que ha permitido a la humanidad medir las horas del día desde épocas prehistóricas.

Hay muchos tipos de relojes de Sol dependiendo de la posición del estilo (la varilla que da la sombra) y de la superficie sobre la que se proyecta esa sombra pero todos se basan en la variación de la posición del Sol a lo largo del día.

El más sencillo y didáctico es el **reloj de Sol ecuatorial**. El estilo apunta a la estrella Polar, es decir, es paralelo al eje de la Tierra y la superficie sobre la que se proyecta la sombra es perpendicular a él y, por tanto, paralelo al Ecuador. Es exactamente la traslación a Granada de un palo vertical situado en el Polo Norte dando sombra sobre el suelo.



Vemos que las horas están marcadas a intervalos regulares cada 15 grados. Como el Sol está a veces por encima del Ecuador y otras veces por debajo habrá sombra sólo en la cara de arriba durante la Primavera y el Verano y sólo en la de abajo durante el Otoño y el Invierno. Otros diseños de relojes ecuatoriales evitan esto marcando las horas en el borde del plano ecuatorial como el **reloj corregido** de la entrada al Jardín.

Los otros dos relojes, el **vertical** y el **horizontal**, sólo se diferencian del anterior en la posición de la superficie de lectura de las horas. El estilo sigue apuntando a la Polar pero la proyección de su sombra no se produce a intervalos regulares de 15 grados. Los ángulos para cada hora son distintos como podemos ver y además dependen de la latitud del lugar. Si están diseñados para una ciudad no serán exactos en otra.

Los relojes de Sol marcan la hora solar verdadera en la que el mediodía - las 12:00 horas - coincide con la posición más alta del Sol y divide realmente al día en dos mitades iguales como hemos visto en la **Meridiana del lugar**. Sin embargo, nuestros relojes de pulsera llevan la hora oficial, distinta de la solar por varias razones.

Las instrucciones siguientes te indican cómo pasar de una hora a la otra y explican brevemente esas razones.

Cómo pasar de la hora solar a la de nuestros relojes

A la hora que marca el reloj de Sol debemos hacerle tres correcciones:

1ª- **Añadir una hora en horario de invierno** (desde la última semana de Octubre hasta la última de Marzo) **y dos en verano** (resto del año) porque en España usamos la Hora Central Europea que unifica a la mayoría de países europeos y además avanzamos otra hora en verano para ahorrar energía.

2ª- **Añadir 14 minutos** porque en toda España llevamos la hora del meridiano cero que pasa por Castellón y **en Granada** el Sol sale esos minutos más tarde.
La corrección de los 14 minutos es válida sólo para Granada. Es menor si viajas hacia el Este (Almería) y mayor si lo haces hacia el Oeste (Cádiz).

3ª- **Sumar o restar los minutos indicados en la tabla siguiente** porque todos los días solares no son iguales y los de nuestros relojes sí por lo que el Sol se adelanta o atrasa respecto del tiempo medio.
La causa de que los días solares no sean iguales se debe a la inclinación del eje de rotación de la Tierra y a que su velocidad alrededor del Sol no es uniforme. La diferencia es pequeña pero el efecto se acumula a lo largo de varios meses.

Tabla de la ecuación del tiempo

Mes:	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día 1	3	13	12	4	-3	-2	4	6	0	-10	-16	-11
Día 15	9	14	9	0	-4	0	6	4	-4	-14	-15	-5

La tabla sólo da los valores para los días 1 y 15 de cada mes. Para días intermedios debe tomarse un número de minutos también intermedio.

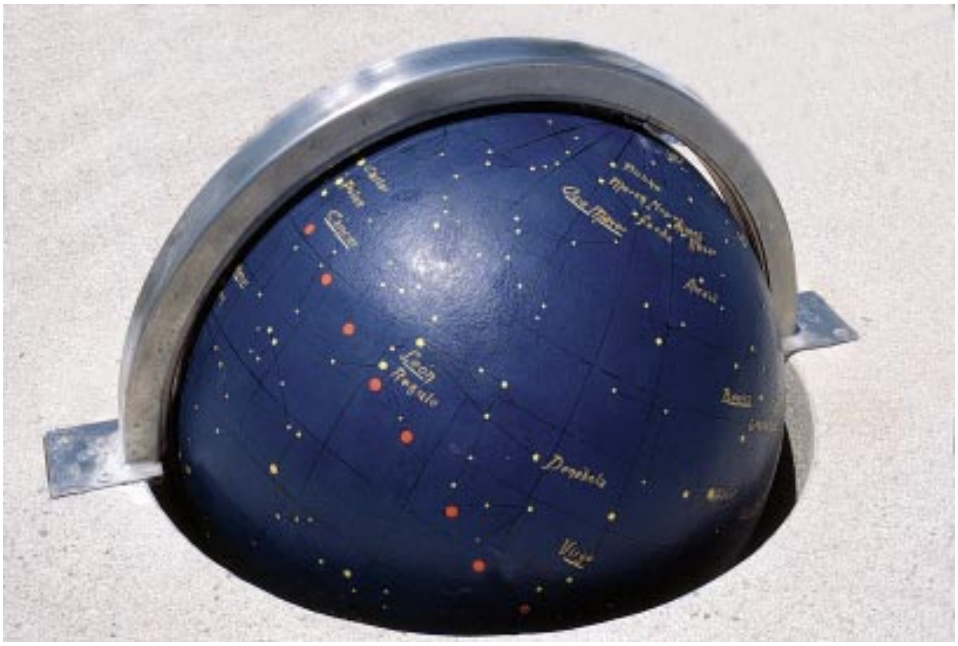
Esta tabla tiene cambiados los signos positivo y negativo respecto de los valores oficiales para que sea más cómoda la corrección.

Minutos de corrección para otras ciudades de Andalucía:

Almería: 10; Cádiz: 25; Córdoba: 19; Huelva: 28; Jaén: 15; Málaga: 18; Sevilla: 24.

Para cualquier otro lugar de España se calcula la corrección multiplicando su longitud geográfica en grados por cuatro minutos. Será positiva al Oeste del meridiano de Greenwich y negativa al Este.

5.- La esfera celeste



Aquí tienes la bóveda celeste con las constelaciones, las estrellas hasta la tercera **magnitud** y la posición del Sol cada diez días. La Tierra sería un punto minúsculo en su centro y el plano horizontal con los puntos cardinales representa el horizonte del observador terrestre.

Si ya conoces un poco el cielo y recuerdas la forma de alguna constelación notarás algo que puede confundirte en un principio. ¡Todas las constelaciones están al revés! ¡Tienen cambiada la izquierda por la derecha! Ten en cuenta que los humanos ven esta bóveda desde el interior pero nosotros somos ahora semidioses que la estamos observando desde fuera.

Esta esfera celeste contiene tal cantidad de información que podremos pasar horas con ella. Sabemos que Ptolomeo disponía de este instrumento al que llamó *Astrolabon*.

La línea de puntos rojos indica la posición del Sol a lo largo del año, es decir, dibuja la eclíptica.

Comenzaremos observando *el cielo de Granada*. Para ello giramos la esfera en dirección Norte-Sur hasta que el Polo Norte (en el eje, naturalmente) esté a 37º, marcado expresamente.

Experiencias sugeridas

1.- Buscamos la posición del Sol (está representado por puntos de color rojo) en el día más próximo a la fecha de hoy y giramos la esfera sobre su eje polar hasta llevar al Sol al horizonte por el Oeste: tendrás a la vista las estrellas visibles al atardecer de ese día en su posición correcta.

2.- Como hay 24 meridianos trazados, avanzar uno significa dejar pasar una hora. Girando la esfera de Este a Oeste podemos dejar transcurrir las horas de la noche y ver el avance de las estrellas hasta el amanecer, cuando el Sol de ese día aparezca por el horizonte Este.

3.- Podemos repetir el proceso anterior para cualquier otro día del año y observar que las constelaciones visibles en la noche cambian con la fecha.

4.- Sin embargo, las estrellas cercanas al Polo Norte no llegan a ponerse nunca y son visibles todo el año. Se llaman estrellas circumpolares. (No busquemos la estrella Polar: no puede representarse en el modelo porque está en el propio eje).

5.- Es interesante fijarse en los puntos de salida y puesta del Sol en diferentes días. Sólo en los equinoccios el **orto** y el **ocaso** coinciden con los puntos Este y Oeste. Comprobamos que en verano se desvían hacia el Norte y en invierno hacia el Sur. También podemos notar que las trayectorias del Sol en distintas épocas del año son muy diferentes en longitud y altura sobre el horizonte pero esto lo apreciaremos mucho mejor cuando visitemos **Los recorridos del Sol**.
Para ver la altura del Sol al mediodía giramos la esfera hasta que el Sol de ese día cruce el meridiano Norte-Sur. La escala graduada nos facilita la lectura.

Y ahora, si aún nos queda tiempo, podemos ver **el cielo de otras latitudes**. Girando en dirección Norte-Sur como al principio podemos irnos del Polo al Ecuador o incluso al Hemisferio Sur. Para mantener la posición correcta sólo cuidaremos de que la estrella Polar (o, en su defecto, la Osa Menor ya que la Polar no está dibujada) no se dirija nunca hacia el Sur.

Experiencias sugeridas

1.- Ver que en el Polo todas las estrellas dan vueltas en círculos paralelos al horizonte y, por tanto, todas son circumpolares. Sólo podemos ver las contelaciones del Hemisferio Norte.

2.- Cambiar de posición hasta el círculo polar ártico, a los 66,5º de latitud, y tomar el Sol del 21 de Junio. haciendo girar la esfera una vuelta completa veremos cómo el Sol se va acercando al horizonte hasta rozarlo en dirección Norte para volver a elevarse sin llegar a ponerse. Es lo que se conoce como el Sol de medianoche.

3.- Colocar la esfera en el Ecuador. Los ecuatorianos tienen la Polar exactamente en el horizonte (les será difícil verla porque cualquier monte se la ocultará) pero pueden ver todas las estrellas del cielo a lo largo del año. Debemos fijarnos en los recorridos del Sol en Junio y en Diciembre. ¿Hay diferencias? Se separan hacia el Norte y hacia el Sur como aquí en Granada pero son completamente simétricas y, además, durante todo el año el día y la noche tienen la misma duración. ¡No puede haber inviernos y veranos en el Ecuador!

4.- Observar las constelaciones del Hemisferio Sur desconocidas para nosotros como el Centauro o la famosa Cruz de Sur.

6.- Los recorridos del Sol

Ahora vamos a introducirnos en una esfera celeste que sólo incluye los recorridos aparentes del Sol en tres fechas clave del año en la ciudad de Granada.

En el centro hay una rampa dirigida a la estrella Polar con una flecha troquelada que indica la dirección exacta del Polo celeste. Nos tendemos sobre ella colocando la cabeza en el orificio circular y ya tenemos nuestro cuerpo paralelo al eje de la Tierra. A nuestro alrededor, dando una pausada vuelta cada día, girará la bóveda del cielo.

Desde esta posición tendida tenemos varios círculos que nos rodean: el *horizonte*, a la altura de los ojos, el *círculo meridiano* (así se llama) que va de Norte a Sur y tres *paralelos* que son los que más nos interesan.

> El mayor que casi llega a la vertical es el recorrido aparente del Sol en esta ciudad el día del solsticio de verano.
> El intermedio corresponde a los recorridos que hace nuestra estrella en los dos equinoccios de primavera y otoño, que son idénticos.
> El más pequeño es el del solsticio de invierno.

El Sol en Granada estará siempre en algún punto comprendido entre los dos arcos extremos de los solsticios. En este módulo experimentamos directamente las diferencias de altura del Sol a lo largo del año, que ya habíamos visto en el **Plicton de Ptolomeo**, y las diferencias de longitud de los recorridos. Estos dos hechos juntos son los que dan lugar a las *estaciones del año*. En invierno los días son cortos y el Sol calienta poco por estar a baja altura sobre el horizonte. En verano ocurre todo lo contrario y en primavera y otoño tenemos la situación intermedia.

Debemos fijarnos en que el recorrido de los equinoccios es exactamente media circunferencia. Eso quiere decir que sólo en esas fechas los días tendrán 12 horas y las noches otras tantas.

También podemos observar que sólo en esos días el orto y ocaso del Sol (los puntos de intersección del arco con el del horizonte) coincide con los puntos cardinales Este y Oeste. Fuera de esos días la salida y puesta del sol se aleja de esos puntos hasta llegar a 30º al Sur en el solsticio de invierno y 30º al Norte en del verano como ya habíamos visto en el **gnomon**.

7.- Luces y sombras sobre la Tierra

Nos encontramos ante una gran esfera terrestre colocada en una posición chocante. En la parte más alta no está el Polo Norte sino España y más exactamente, Granada. Tampoco está inclinada los 23,5º del eje respecto de la órbita alrededor del Sol, como los globos escolares y el usado en la **Actividad 1**. Hemos colocado el eje de la Tierra paralelo al real de nuestro planeta. Como él, la línea de los polos apunta a la estrella Polar.

La razón es que de esta forma tenemos sobre la maqueta las mismas luces y sombras que el Sol está produciendo sobre la Tierra en el momento en que la miramos. Podemos ver en primer lugar dónde es ahora mismo de día y dónde es de noche. La línea de separación es algo difusa, correspondiente al **crepúsculo**, y va avanzando a lo largo del día.

Los gnomones (pequeñas varillas) que podemos insertar en los orificios preparados para ello nos darán nuevas informaciones.

Coloquemos uno en Granada y otros cuantos siguiendo el mismo meridiano. Comprobaremos que las direcciones de las sombras varían poco a poco con la latitud. Por eso los relojes de sol hay que calcularlos para cada lugar. Sólo estarán todas alineadas al mediodía pero aún así, las del Hemisferio Norte se dirigirán al Polo Norte mientras que las del Hemisferio Sur indicarán la dirección del Polo Sur.
Si tuviéramos enorme paciencia (aunque, quizás podamos hacerlo como actividad posterior a la visita) podríamos trazar las curvas del gnomon en cualquier punto de la Tierra.

Si colocamos los gnomones al Este y al Oeste de Granada veremos cómo cambian las sombras debido a la diferencia horaria entre los diferentes lugares. Será mediodía donde la sombra apunte al Norte, por la mañana donde la sombra se desvíe al Oeste y por la tarde donde se desvíe al Este.

Si es invierno en Granada comprobaremos que el Sol llega durante todo el día a la región polar antártica y no ilumina en absoluto la ártica. Lo contrario ocurrirá en verano.

8.- Maquetas de observatorios astronómicos

La Humanidad ha mirado siempre al cielo con fascinación. En la prehistoria, para medir el tiempo y predecir las estaciones; en las grandes civilizaciones posteriores, con un cielo poblado de dioses, para intentar averiguar sus designios y también por el puro afán de saber de muchos astrónomos; en la actualidad, para seguir avanzando en el conocimiento del origen, el pasado y el futuro del Universo que nos alberga.

Con estas maquetas pretendemos hacer un recorrido por algunos de los observatorios más famosos del mundo a lo largo de la Historia de la Astronomía, tan extensa como la Historia de la Humanidad.

• Stonehenge
Este círculo de piedras del Sur de Inglaterra comenzó a construirse en el año 3100 a.C. y se le dio su forma actual hacia el 1500 a.C. Las diferentes alineaciones de las piedras hacen pensar que, además del uso ritual en ceremonias religiosas, sirvió como calendario. Hay quien afirma que con él se podían predecir eclipses.

• Zigurat
Los Sumerios y Asirios, en Mesopotamia, durante el segundo milenio antes de nuestra era construyeron estas pirámides escalonadas llamadas Zigurats como templos para culto de sus dioses. Los sacerdotes, que eran a la vez astrólogos y astrónomos, observaron el cielo desde ellos y dejaron registros escritos en tablillas de arcilla de los acontecimientos celestes.

• Jaipur
En 1729 se terminó de construir el observatorio Jantar Mantar en Jaipur, India, por encargo del Maharajá Sawai Jai Sing II. La maqueta presenta un gran reloj ecuatorial, sólo uno de los muchos instrumentos de medida y cálculo del observatorio. Al igual que los otros cuatro observatorios construidos en la India por el mismo Maharajá, no incluye aún el telescopio entre sus instrumentos.

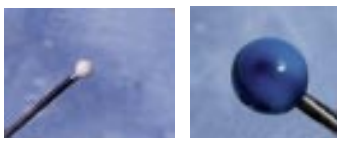
• Monte Palomar
Inugurado en 1948, fue durante muchos años el observatorio con el mayor telescopio óptico del mundo, el Hale, de 5 metros de diámetro, capaz de observar galaxias muy lejanas y quásares a miles de millones de años luz de distancia.

• Mauna Kea
En la cima del monte Mauna Kea (Montaña Blanca) de la isla de Hawai, a 4205 metros de altitud, está uno de los observatorios actuales más completos perteneciente a once países. Los primeros telescopios empezaron a funcionar en 1968 y en 1996 se completaron los dos telescopios Keck de espejos múltiples acoplados que tienen una superficie total equivalente a 10 metros de diámetro. Incorporan las últimas tecnologías para mejorar la imagen y sólo serán superados en 2003 por el Gran Telescopio de Canarias (Grantecan).

• Radiotelescopio de Pico Veleta
Los radiotelescopios analizan las ondas de radio provenientes del Cosmos y detectan la presencia de moléculas en las atmósferas planetarias del Sistema Solar, las estrellas, nubes moleculares, galaxias, etc. El de Pico Veleta en Sierra Nevada tiene 30 metros de diámetro y pertenece al Instituto de Radioastronomía Milimétrica, una entidad francoalemana en colaboración con el Instituto Geográfico Nacional. Entró en servicio en 1985.

• Telescopio solar
Este telescopio solar, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma, Canarias, está dedicado casi exclusivamente al estudio de la estrella más cercana, nuestro Sol. Desde 1985 ha realizado observaciones de los gránulos y manchas solares, del campo magnético de éste y de las corrientes de convección en la atmósfera solar.

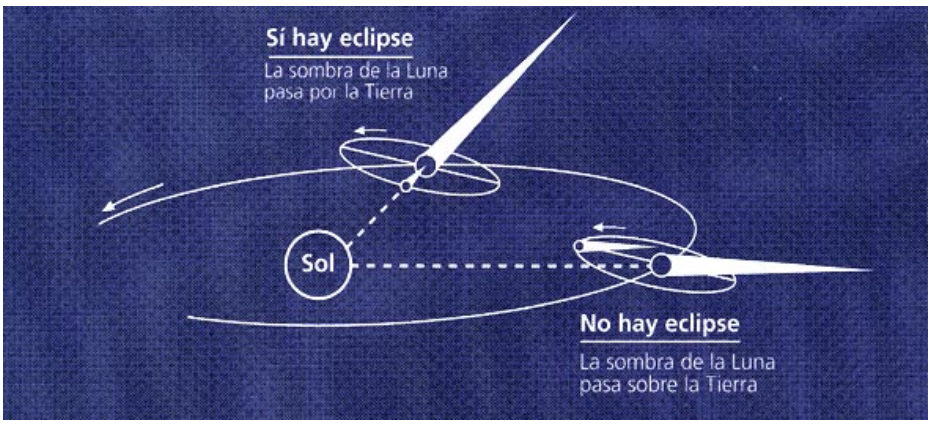
9.- Modelo de eclipses



Volviendo hacia el Plincton de Ptolomeo pasamos por un modelo a escala 1: 500.000.000 de la Tierra y la Luna. Como mantiene la misma escala para los tamaños de ambas y la distancia entre ellas, reproduce con exactitud los conos de sombras que proyectan en el espacio al interceptar los rayos del Sol y podemos, por consiguiente, simular tanto los eclipses de Luna como los de Sol.

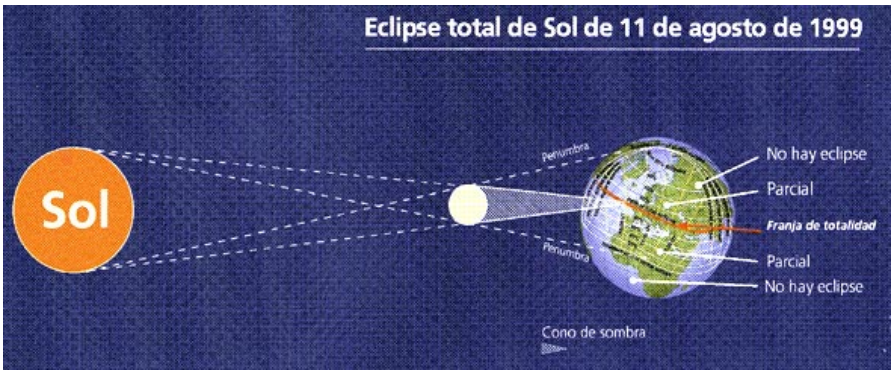
Eclipses de Sol

Basta con girar el modelo hasta que queden en línea el Sol, la Luna y la Tierra, en este orden, si lo que queremos es un eclipse de Sol.
Comprobaremos en primer lugar que no es nada fácil alinear exactamente la Luna y la Tierra con el Sol para que la sombra de una llegue hasta la otra. Seguramente será necesario ayudarse con la sombra del modelo sobre el suelo para conseguir la alineación. Basta con una pequeña desviación para que la sombra de la Luna no se encuentre con la Tierra. Cuando lo hayamos conseguido, tendremos los tres astros, el Sol real y la Luna y la Tierra del modelo, en el plano de la eclíptica.



Esto es lo que ocurre en la realidad. Como la órbita de nuestro satélite está inclinada unos 5 grados respecto de la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol, sólo un par de veces al año (por término medio) se alinean los tres cuerpos Sol, Luna y Tierra en este orden dando lugar a un eclipse de Sol.

Si hay dos eclipses de Sol al año, ¿por qué es un fenómeno tan raro de ver y despiertan tanto interés? Mientras que los eclipses de Luna son visibles para todos los que viven en la mitad de la Tierra en que es de noche cuando ocurren, los de Sol se producen en zonas más pequeñas de la superficie terrestre y sólo son totales en una franja muy estrecha de unos 200 km de anchura. En el modelo podemos ver claramente que la sombra de la Luna no abarca más que una pequeña parte de la Tierra y la figura siguiente nos ayudará a entenderlo.



Aunque los tamaños y distancias de los tres astros del dibujo no están a escala y los conos de sombras son exageradamente anchos, el gráfico reproduce fielmente la situación sobre la Tierra. Para un observador del sur de Africa la Luna pasará por encima del Sol y no habrá eclipse alguno. Desde el norte de Africa y España, por ejemplo, la Luna tapará sólo una parte del disco solar y el eclipse será parcial.
En la estrecha franja de totalidad, que el 11 de agosto de 1999 fue de 110 km de ancho, el disco de la Luna ocultó por completo al del Sol dando lugar a un eclipse total . El hecho de que la Luna se mueva alrededor de la Tierra hace que la sombra se vaya trasladando a gran velocidad (más de 2.500 km/h) siguiendo la franja de la figura.
Más al norte de esa franja la Luna cubrirá solamente la parte inferior del Sol y el eclipse vuelve a ser parcial.

A menudo surge esta pregunta: ¿cómo puede la Luna, que es cuatrocientas veces más pequeña que el Sol ocultarlo completamente? La respuesta es que está también unas cuatrocientas veces más cerca por lo que sus diámetros aparentes son casi iguales. Como la distancia de la Tierra a la Luna varía un poco porque su órbita no es circular, la duración de la totalidad es diferente de un eclipse a otro. Cuando la Luna está más cerca la vemos un poco más grande y oculta al Sol durante más tiempo, pudiendo llegar a los 7 minutos. El del 11 de Agosto de 1999 sólo duró 2 minutos y 20 segundos en Centroeuropa.

Cuando la Luna está más alejada su disco aparente no llega a tener el tamaño del disco solar y no puede producirse un eclipse total. Aunque la alineación de ambos sea perfecta, el Sol no queda tapado del todo y observamos un eclipse anular.

Observando un eclipse de Sol total

Recomendamos disfrutar del espectáculo de un eclipse total de Sol al menos una vez en la vida. Si viajamos a la zona de totalidad de un eclipse deberemos elegir un lugar cercano al centro de la franja puesto que así podremos disfrutarlo el máximo de tiempo. Durante más de una hora iremos viendo (con los ojos debidamente protegidos con gafas de filtros especiales) cómo la Luna va ocultando progresivamente el disco solar, como en cualquier otro eclipse parcial. Unos minutos antes de la totalidad ya empezamos a notar un oscurecimiento mucho más rápido que el de una puesta de Sol. La temperatura desciende y se levanta viento. En el campo, los perros empiezan a ladrar y otros animales muestran síntomas de agitación. Después de un último destello de luz, los rayos solares pasan sólo a través de los valles del borde de la Luna produciendo las"perlas de Baily" y lo que se conoce como el "anillo de diamantes" y comienza la totalidad. En el cielo tan oscurecido como el de tres cuartos de hora después de la puesta del Sol se ve un círculo negro rodeado de la corona solar, una luminosidad en forma de nube con filamentos, y aparecen los astros más brillantes, tanto estrellas como planetas.
Este espectáculo durará unos minutos y debe observarse sin ninguna protección ocular pero con las gafas a mano porque serán necesarias en cuanto aparezca el más mínimo destello de luz solar directa.
A partir de este momento aún nos queda otra hora larga hasta que la Luna deja de tapar alguna parte del Sol pero el gran momento ya habrá pasado.

Eclipses de Luna

Situando ahora la Tierra del modelo entre el Sol y la Luna volvemos a buscar la alineación de las tres astros y dejaremos que la Luna se introduzca en el cono de sombra de la Tierra. Notaremos cómo la Luna se oscurece produciendo un eclipse total.

Cuando la Luna no entra entera en la sombra terrestre sino que pasa por un borde se produce un eclipse parcial. Es fácil darse cuenta de que estos fenómenos serán vistos desde la mitad de nuestro planeta. Por eso, aunque los eclipses de Luna son algo menos frecuentes que los de Sol podemos verlos con más facilidad.

Aunque la Luna del modelo es demasiado pequeña para observar las fases de nuestro satélite podemos darnos cuenta de que sólo habrá eclipses de Sol en el momento de la Luna nueva. Por el contrario, sólo se producirá un eclipse de Luna si estamos en Luna llena.

Y no olvidemos hacer una última experiencia en este módulo: tomamos una hoja de papel y la colocamos cerca de la Tierra del modelo a modo de pantalla para ver claramente su sombra. A continuación alejamos poco a poco el papel. Observaremos que se va diferenciando la sombra de la penumbra. Cuanto más nos alejemos, la sombra se hará más pequeña y la penumbra más grande. El cono de sombra de la Tierra llega en nuestro modelo a los 2,8 metros que corresponde a 1.400.000 km para la Tierra real.

10.- Reloj de Sol interactivo

Antes de terminar el paseo por el Jardín nos llegaremos a este reloj de Sol en el que el estilo es el propio visitante. Es un reloj horizontal pero su diseño es muy distinto al de los otros. Las horas están trazadas sobre una elipse de dos metros de semieje mayor y, para hacer una lectura correcta, debemos situarnos en el punto de la placa donde figura la fecha de hoy.

Naturalmente este reloj nos dará la hora solar por lo que habrá que hacer las mismas correciones que ya sabemos para pasar a la hora oficial.

¿Por qué tiene esta forma y por qué hay que desplazar el estilo a lo largo del año?

El cálculo puede ser complicado pero podemos hacernos una idea intuitiva de por qué funciona mirando hacia el módulo **Los recorridos del Sol**. Desde aquí, que quedan casi de perfil los arcos de los recorridos, es el mejor sitio para verlo.

Fijémonos en el círculo que hace el Sol en los equinoccios, el círculo central. Si lo proyectamos sobre el suelo obtenemos exactamente la elipse sobre la que están trazadas las horas en este reloj. El centro de la elipse es la posición marcada para las fechas de los equinoccios. Las posiciones en las que hay que colocarse en otras fechas corresponden al desplazamiento del Sol hacia el Norte en verano o hacia el Sur en invierno.

Lo verdaderamente curioso de este reloj es que es capaz de marcar correctamente la hora con un estilo vertical en vez de dirigir el estilo a la Polar como los demás. Eso sí, a costa de tener que desplazarlo a lo largo del año. Ya vimos en el **gnomon** que las líneas horarias no parten de la base del mismo.

Actividades para después de la visita

Actividad 6 *Trazando la meridiana local en el patio*

Para muchas actividades posteriores como usar relojes de sol, dibujar una rosa de los vientos o simplemente para aprender a orientarse merece la pena trazar la línea exacta Norte-Sur en algún lugar del patio del Centro escolar o en el propio jardín. La forma más rápida es la siguiente:

Colgamos una plomada de un trípode alto o de una escalera de tijera.
Marcamos en el suelo la vertical de esa plomada.
Calculamos la hora oficial del momento exacto del mediodía solar, el mediodía verdadero, siguiendo las instrucciones dadas en los **Relojes de Sol**.
Ponemos nuestro reloj de pulsera en hora con las señales horarias de la radio.
En el instante preciso del mediodía marcamos en el suelo la posición de la sombra de la cuerda de la plomada.

Actividad 7 *Día solar y día sidéreo*

Podemos escenificar el esquema de rotación y traslación simultánea de la Tierra para entender mejor la diferencia entre el día sidéreo y el día solar.

Un alumno hará de Sol y se situará en el centro del aula, inmóvil.
Otro, alejado unos dos o tres metros del anterior y mirando hacia él, será la Tierra. Un punto lejano a través de la ventana en la dirección de la Tierra al Sol será la estrella lejana.
Primero, el alumno que hace de Tierra dará una vuelta completa sobre sí mismo, sin desplazarse, hasta que vuelva a estar enfrente del Sol. Comprobará que al dar una vuelta respecto al punto lejano ha dado también una vuelta respecto al Sol.
A continuación dará otra vuelta desplazándose al mismo tiempo un par de pasos hacia la derecha siguiendo la órbita terrestre hasta tener enfrente a la estrella lejana. Se verá claramente que aún le falta un pequeño giro para enfrentarse al Sol.

Actividad 8 *Construcción de un reloj de Sol ecuatorial*

Puedes utilizar el dibujo que encontrarás al final de esta guía y montarlo siguiendo las instrucciones.

Actividad 9 *Luces y sombras sobre la Tierra en casa o en el aula*

Reproducir este módulo es tan sencillo como lo siguiente:

Se desmonta de su soporte un globo terrestre escolar y se coloca sobre un cilindro de cartón (que servirá de base) con tu ciudad en la posición más alta. Luego se orienta el eje de los polos en dirección Norte-Sur y ya está listo.

Puedes pinchar alfileres en cualquier punto colocándolos perpendiculares a la superficie local de la esfera que serán los gnomones para estudiar su sombra a lo largo del día y en cualquier día del año.

Actividad 10 *Ortos y ocasos*

Puede ser interesante dibujar todo el horizonte que se ve desde el aula, la terraza o el balcón de casa y marcar el punto por donde sale o se pone el Sol anotando la fecha (depende de la orientación del lugar desde donde se va a hacer la observación). Repitiendo la actividad cada semana, por ejemplo, veremos cómo varía el punto de salida o puesta del Sol a lo largo del año.

Actividad 11 *Astronomía en la red*

Dentro de la página web del Parque de las Ciencias hemos incluido una selección de direcciones de internet relacionadas con la Astronomía. Puedes acceder en la dirección: http://www.parqueciencias.com/astronomia

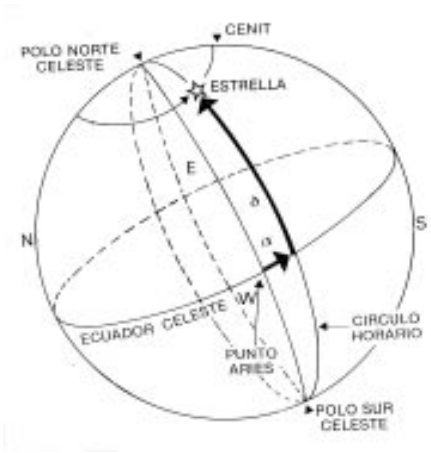
Para saber más

Coordenadas celestes

Para trabajar con la esfera celeste y, quizás más adelante, para usar un telescopio, nos interesará conocer las coordenadas celestes. Se usan dos tipos de coordenadas:

Coordenadas ecuatoriales

Se sigue el mismo criterio que para las coordenadas terrestres:



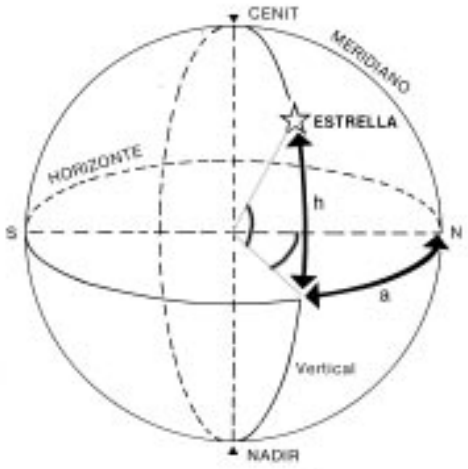
La **declinación** (d) es el ángulo que va desde el Ecuador celeste hasta el astro siguiendo el meridiano del astro (equivalente a la latitud terrestre). Se mide de 0º a 90º, positiva en el Hemisferio Norte y negativa en el Sur.

La **ascensión recta** (a) es el ángulo que forma el meridiano que pasa por el astro con el meridiano cero medido a lo largo del Ecuador celeste (equivalente a la longitud terrestre). Se mide de 0 a 24 horas en sentido contrario al giro aparente de las estrellas. Es una costumbre de los astrónomos dividir el Ecuador celeste en horas, minutos y segundos en lugar de usar los 360 grados.

ACTIVIDADES PARA DESPUES DE LA VISITA

Falta definir el meridiano cero que, por supuesto, es tan arbitrario como el meridiano de Greenwich sobre la Tierra. Es el que pasa por el llamado *punto cero de Aries* que es el lugar donde la eclíptica corta al ecuador celeste en el momento del comienzo de la primavera, cuando el Sol pasa del hemisferio Sur al Norte en la esfera celeste.
Este sistema de coordenadas es universal, es decir, no depende de la latitud del observador ni de la época del año ni de la hora.

Coordenadas horizontales



La **altura** (h) es el ángulo que forma la posición del astro con el horizonte siguiendo la vertical. Se mide de 0º a 90º, positivo por encima del horizonte y negativo en caso contrario.

El **acimut** (z) es el ángulo que va desde el punto cardinal Norte hasta la vertical del astro, medido sobre el horizonte. Se mide de 0º a360º.

Se llama **Cénit** al punto más alto de la bóveda celeste, en la vertical de nuestra cabeza y **Nadir** al punto opuesto.
Estas coordenadas sí dependen de la latitud y varían constantemente al pasar el tiempo pero son útiles porque nos indican, por ejemplo, si un astro está o no sobre el horizonte. En el caso del Sol, una altura positiva significa que es de día y, como hemos visto en el **Plincton de Ptolomeo**, la altura al mediodía determina la fecha del año. Es más, conocer el acimut de un astro en un momento dado permite calcular la dirección Norte. El astrolabio, la maravillosa calculadora analógica de la Edad Media permitía resolver con facilidad todos estos problemas.

PARA SABER MAS

Otros movimientos de la Tierra

Además de la rotación sobre su eje y de la traslación alrededor del Sol, la Tierra tiene otros movimientos. Como un buen trompo, la Tierra, al girar, cabecea. Esto hace que el eje terrestre describa un cono que completa cada 26.000 años aproximadamente. Se llama movimiento de precesión. El primero que se dio cuenta de este movimiento fue Hiparco, astrónomo griego del siglo II a.C. Las consecuencias de este movimiento son, por una parte, que el eje de la Tierra no ha apuntado siempre hacia la estrella Polar ni lo hará en el futuro. El Polo celeste cambia de sitio entre las estrellas lentamente. Seguirá acercándose a la actual estrella Polar hasta el año 2015 y a partir de esa fecha se alejará. Volverá a marcar el Norte dentro de 26.000 años.
Por otra, produce un lento desplazamiento de las estrellas correspondientes a cada estación, lo que se conoce como la precesión de los equinoccios.

Debido a la interacción de la Luna, el eje de la Tierra no describe un cono perfecto en el movimiento de precesión sino que va haciendo una especie de festoneado con un periodo de 18,6 años. Este pequeño desplazamiento se conoce como movimiento de nutación.

Glosario

Altura de un astro: Ver coordenadas ecuatoriales en **Para saber más**.

Acimut: Ver coordenadas horizontales en **Para saber más**.

Analema: Gráfica de la Ecuación del tiempo frente a la declinación del Sol o frente a cualquier otra variable que dependa directamente de esa declinación solar, como la altura máxima de cada día o la fecha del año.

Ascensión recta: Ver coordenadas ecuatoriales en **Para saber más**.

Constelación: Conjunto de estrellas situadas en una de las 88 regiones en que la Unión Internacional de Astronomía ha dividido oficialmente al cielo. Se corresponden con las establecidas desde antiguo siguiendo representaciones mitológicas. En realidad, no hay ninguna conexión física entre ellas.

Crepúsculo: Momento antes del amanecer o después del atardecer en el que hay luz solar aunque el Sol todavía no ha salido o ya se ha puesto. Es debido a la refracción y difusión de la luz en la atmósfera.

Declinación: Ver coordenadas ecuatoriales en **Para saber más**.

Día sidéreo: Tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta sobre sí misma respecto a las estrellas. Dura 23 horas y 56 minutos aproximadamente. Es muy regular.

Día solar: Tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta sobre sí misma respecto al Sol. Dura 24 horas por término medio porque no es regular.

Ecuador celeste: Si prolongamos el plano del ecuador terrestre hasta las estrellas, cortará a la esfera celeste en un círculo al que llamamos ecuador celeste.

Equinoccio: Momento de la entrada de la Primavera o del Otoño. En esos dos momentos el Sol pasa por el ecuador celeste y su declinación es cero.

Magnitud de una estrella: Escala logarítmica del brillo de una estrella. A mayor magnitud, menor brillo. Las estrellas más brillantes como Sirio tienen magnitudes negativas.

Mediodía medio: La mitad del día medido con el tiempo medio, que no tiene en cuenta la ecuación del tiempo.

Mediodía verdadero: Momento en que el Sol pasa por el meridiano Norte-Sur.

Meridiana local o meridiana del lugar: Dirección Norte-Sur en un punto determinado de la superficie de la Tierra. Coincide con un meridiano terrestre.

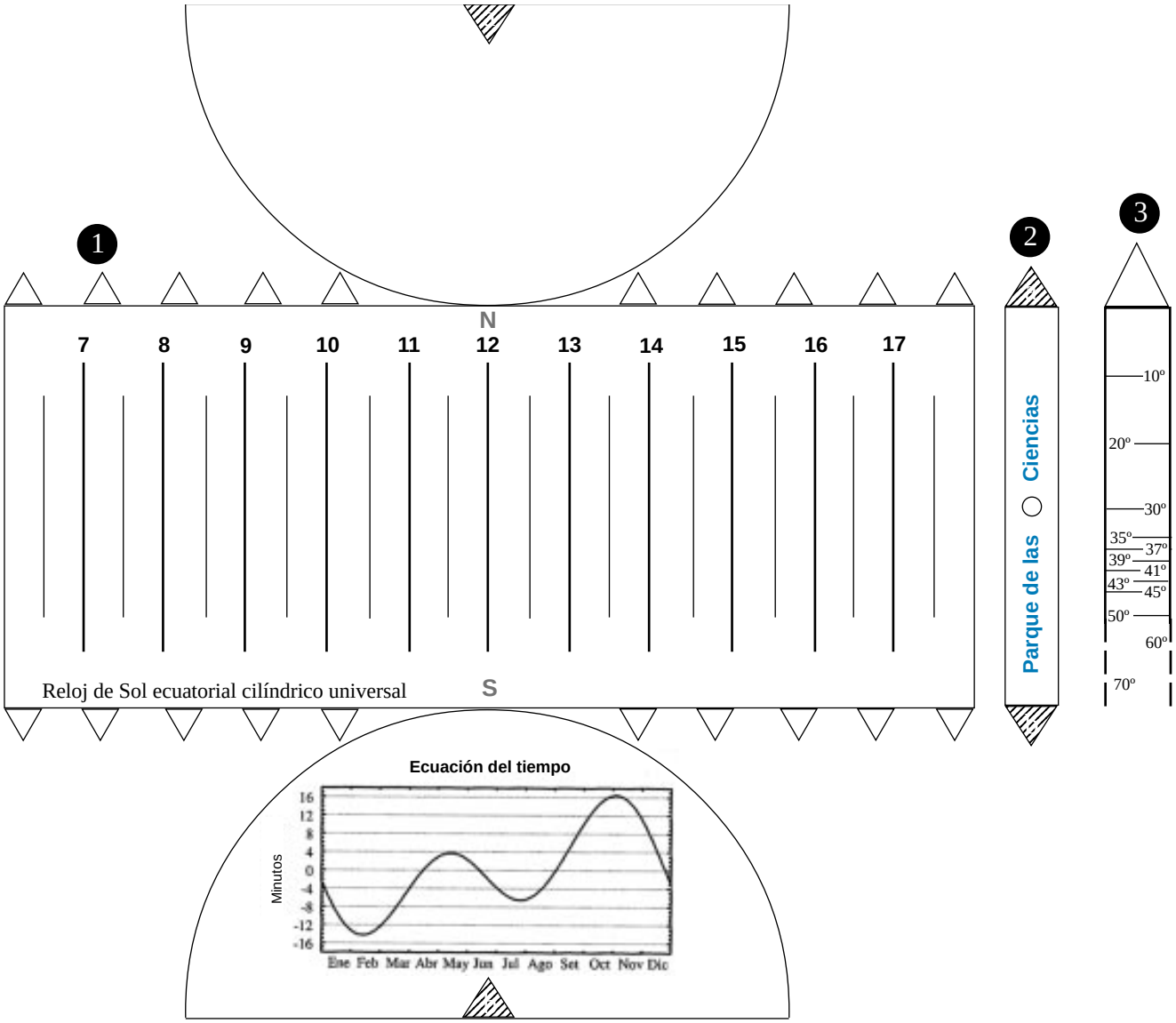
Ocaso: Momento de la desaparición del Sol bajo el horizonte.

Orto: Momento de la aparición del Sol sobre el horizonte.

Solsticio: Momento de la entrada del Verano o del Invierno. En esos momentos el Sol alcanza la máxima o la mínima altura sobre el horizonte al mediodía. Su declinación es también máxima (23,5º) o mínima (-23,5º).

RELOJ DE SOL ECUATORIAL CILINDRICO

Anexo



1 Cuerpo del reloj

2 Estilo

3 Soporte posterior con ajuste de latitud

Instrucciones de montaje

1) Imprime esta hoja y pégala sobre una cartulina
2) Recorta las tres partes del reloj
3) Monta el medio cilindro 1 cuidando que el texto quede en parte interna
4) Abre un orificio en el punto que hay en el centro del estilo 2
5) Pega el estilo en el cilindro de modo que las letras de las lengüetas coincidan con las marcas
6) Dobla el soporte posterior 3 por la línea de tu latitud
7) Fija el reloj a una superficie rígida utilizando el soporte posterior 3 para lo cual deberás pegar la lengueta en la parte trasera a la altura de la N