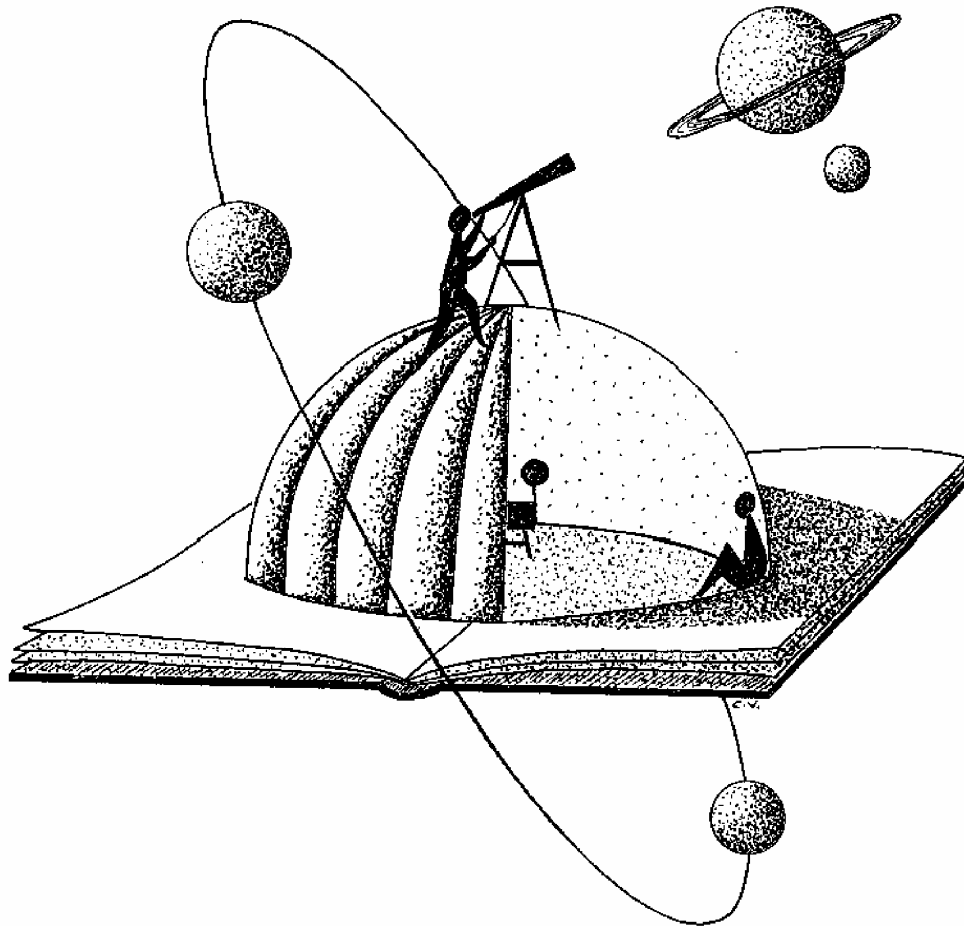


EL CIELO DE ESTA NOCHE



DESDE EL AULA DE ASTRONOMÍA
DE FUENLABRADA

Agradecemos la colaboración de Antonio Arribas por la cesión de varios de sus ejercicios y de Federico Fernández Porredón, autor de parte de las fotos utilizadas en este cuaderno.

“EL CIELO DE ESTA NOCHE”

Autores: Grupo Docente de Astronomía “Képler”

Edita: Ayuntamiento de Fuenlabrada. Delegación de Educación

Colabora: C.P.R. de Fuenlabrada

Maquetación:

Juan Carlos Rodríguez Pérez
Manuel Hernández Rocho

I.S.B.N.: _____

Dep. Legal: _____

IMPRIME:

EL CIELO DE ESTA NOCHE



José Manuel Bartolomé Fernández, Teófilo Charro Ganado, Teodoro Gómez Sánchez, Avelino Jiménez Peral, Carmelo Vitoria Moreno, Arístides Martínez Viñas, María Jesús Resines Plaza, Juan Carlos Rodríguez Pérez, Isabel Sánchez Nanclares, Juan Carlos Terradillos Jiménez.

ÍNDICE

Introducción.....	9
-------------------	---

CAPÍTULO I: ALGUNOS CONCEPTOS PREVIOS

• Elementos de la esfera terrestre	13
• Coordenadas geográficas	14
• Husos horarios	17
• Ejercicios	18

CAPÍTULO II: EL CIELO AL FINAL DEL CREPÚSCULO VESPERTINO

• Las estrellas	23
• Las constelaciones	24
• Importancia de la estrella Polar	30
• Ejercicios	35
• Trabajos de taller	38

CAPÍTULO III: EL CIELO DE LA MADRUGADA

• El movimiento anual del cielo	43
• El planisferio	45
• Los planetas	47
• Posiciones planetarias	50
• Ejercicios	52
• Trabajos de taller	59

CAPÍTULO IV: EL CIELO AL FINAL DEL CREPÚSCULO MATUTINO

• Recorridos del Sol en el cielo	73
• La Tierra y el Sol	74
• Toma de datos en un gnomon	78
• Ejercicios	80
• Trabajos de taller	88

INTRODUCCIÓN

Esta publicación pretende ser un cuaderno de trabajo complementario a la visita que realizaréis al planetario escolar. Por ello, los capítulos en los que se divide mantienen la secuencia establecida en la sesión que os ofreceremos: un recorrido por el cielo observable en la noche del día en el que acudáis al planetario. Así, comenzaremos con el cielo del crepúsculo vespertino e iremos viendo los cambios operados en el mismo al adentrarnos en la madrugada y, posteriormente, en el cielo inmediatamente anterior al crepúsculo matutino. Con la salida del Sol del día siguiente podréis apreciar su recorrido aparente y su variación con respecto a otros días significativos del año.

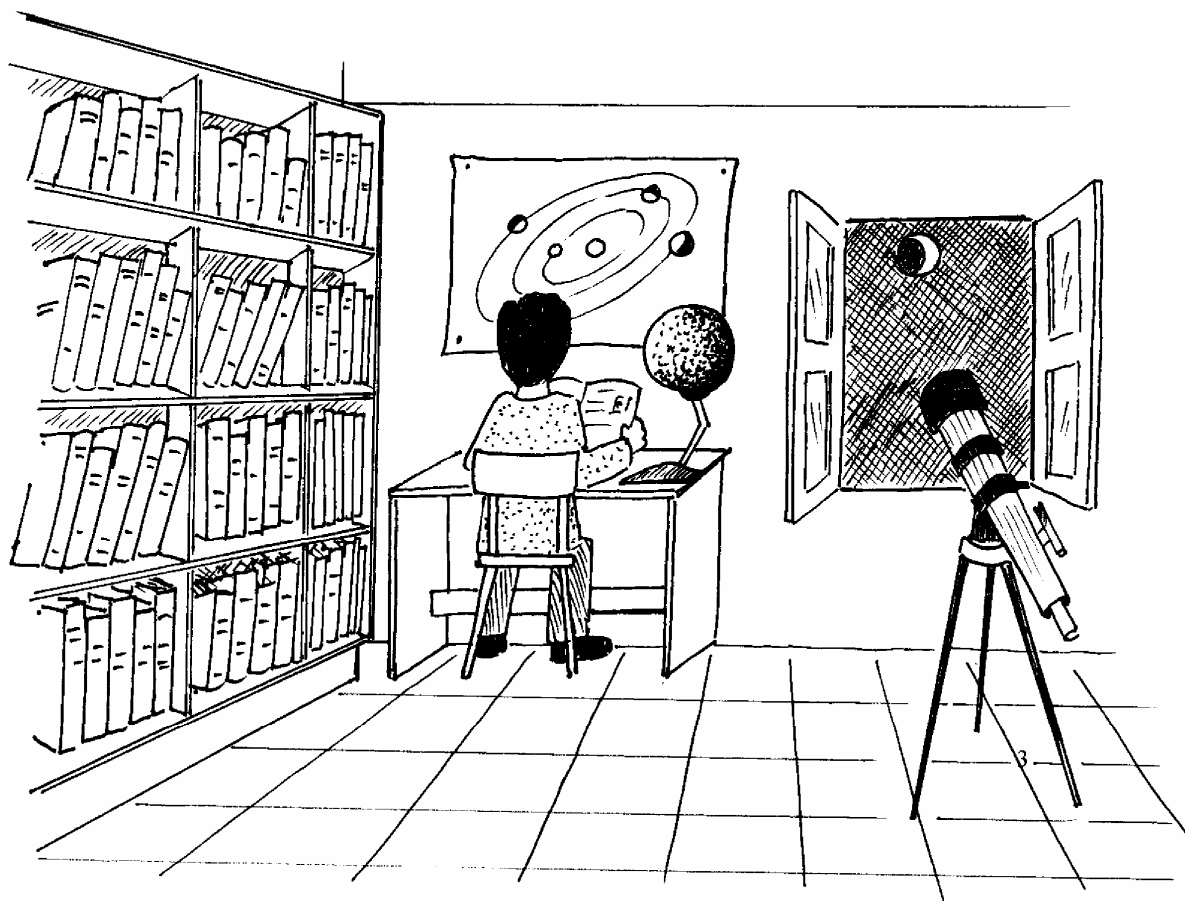
Cada capítulo explica las causas de los fenómenos observables y una serie de ejercicios evaluadores de vuestro grado de comprensión de las mismas. También hemos incluido algunos trabajos de taller en los que podáis construir aparatos o modelos que os ayuden a dicha comprensión y en los que tengáis que utilizar los conocimientos adquiridos.

La publicación no intenta ser un libro de texto de astronomía ya que no se tratan, por no poder reproducirse en el planetario, aspectos fundamentales del estudio de la misma como pueden ser las fases lunares. Tampoco se estudian fenómenos que, aunque sí podemos simularlos, no son tan evidentes y constituyen objeto de estudio en un nivel más avanzado propio de la asignatura optativa que pueden ofrecer los institutos a partir del tercer curso de la E.S.O.

Pretendemos que comprendáis que levantar la vista hacia el cielo no sólo puede ser un placer estético sino una agradable forma de aprender y de utilizar diversos conocimientos ya adquiridos.

CAPÍTULO 1

ALGUNOS CONCEPTOS PREVIOS



Hay ciertos fenómenos celestes cuya visión depende de nuestra posición en la Tierra: la medida de las horas, la altura que los astros alcanzan sobre el horizonte y el movimiento aparente de los mismos, no son iguales en todas las partes de la Tierra sino que varían dependiendo del lugar de observación. Por ello conviene que estudiemos algunos conceptos que nos sirven para localizar un punto en la superficie terrestre.

ELEMENTOS DE LA ESFERA TERRESTRE

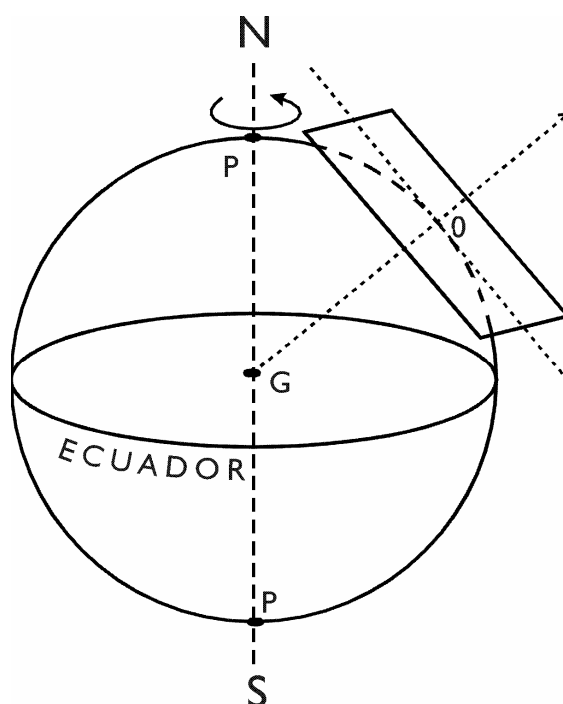


Fig. 1

EJE DE ROTACIÓN: La Tierra tiene forma esférica y da vueltas sobre sí misma. La línea recta imaginaria que pasa por el centro de la esfera terrestre (representado en la figura 1 por el punto G) y alrededor de la cual gira la Tierra se llama **eje de rotación**.

POLOS : El eje de rotación corta la superficie de la Tierra en dos puntos P y P' (fig. 1). Estos puntos son respectivamente el Polo Norte y el Polo Sur.

ECUADOR : El plano perpendicular al eje que pasa por el centro de la Tierra se llama **ecuador**. También se utiliza este término para designar el círculo que este plano determina en la superficie terrestre y que divide a la Tierra en dos mitades iguales (hemisferios).

HORIZONTE DE UN PUNTO O: Es el plano tangente a la superficie terrestre

en ese punto.

LÍNEA MERIDIANA DEL PUNTO O: Es la línea que en el horizonte del punto O marca la dirección Norte - Sur.

Además de estas líneas imaginarias, sobre la Tierra se trazan una red de líneas que sirven para localizar cualquier punto de su superficie. Estas líneas son los paralelos y los meridianos.

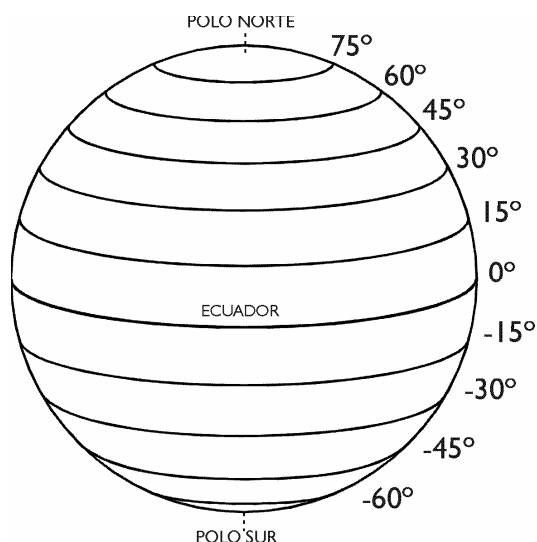


Fig. 2

PARALELOS: Son círculos paralelos al ecuador. Como podéis ver por la figura, los paralelos no son iguales en longitud.

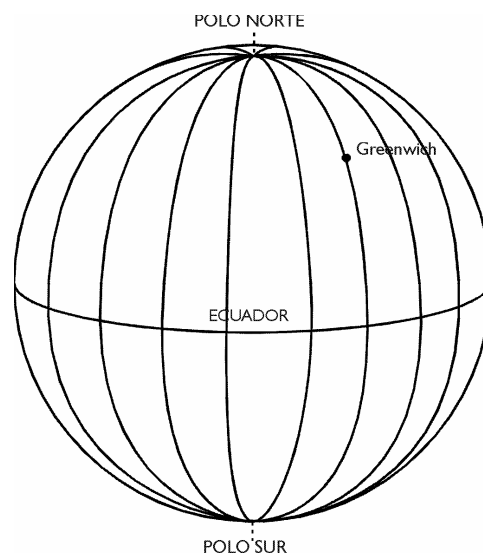


Fig. 3

MERIDIANOS: Son círculos máximos, iguales en longitud entre sí que pasan por ambos polos.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

A partir de estas líneas podemos definir las coordenadas geográficas suficientes para localizar cualquier lugar sobre la superficie terrestre. Estas coordenadas son la **latitud** y la **longitud**.

LATITUD

Esta coordenada tiene como referencia un paralelo "origen": EL ECUADOR. De forma que la latitud de un observador se mide hacia el Norte o hacia el Sur del Ecuador. La latitud para un punto *O* de la superficie terrestre (fig.4) se define como el ángulo φ que forman la línea *GO* con el plano del ecuador. Sus valores oscilan entre los 0° y los 90° tanto al norte como al Sur. Así, por ejemplo, la gente que vive en la capital de Ecuador, Quito, tiene una latitud de 0° mientras que un campamento de exploradores en el Polo Norte tiene una latitud de 90°. La latitud de Madrid es de 40° 24' Norte y la de Cádiz 36° 27' N. Como la latitud se mide desde el ecuador hacia el Norte, las gentes que viven al Sur del ecuador tendrán latitudes negativas. Nueva Zelanda, por ejemplo, está situada a una latitud de 40° S o lo que es igual -40°

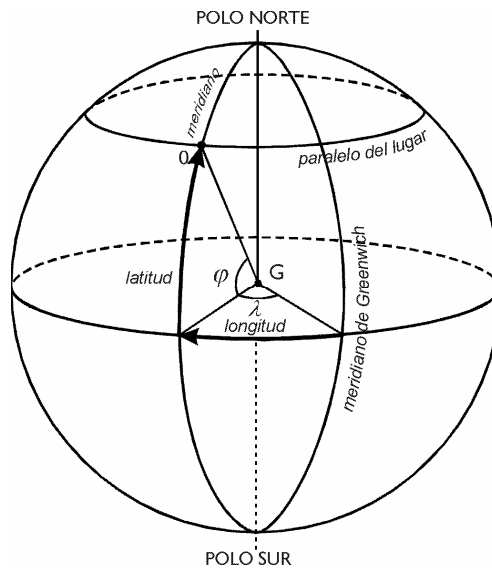


Fig. 4 Coordenadas geográficas

LONGITUD

Esta coordenada tiene como referencia un meridiano origen. Por convención se acepta que este meridiano sea el meridiano que pasa por Greenwich (localidad cercana a Londres). Para un observador, la longitud se mide al Oeste o al Este de Greenwich. Este meridiano pasa por nuestro país, concretamente por Castellón.

La longitud del punto O se define como el ángulo λ que forman entre sí el meridiano de dicho punto con el de Greenwich. Sus valores oscilan entre 0° y 180° al Este o al Oeste del meridiano origen.

La longitud geográfica es un dato que, como veremos a continuación, está relacionado con la diferencia horaria en distintas partes de la Tierra.

HORA SOLAR, HORA OFICIAL, HUSOS HORARIOS

La Tierra gira de Oeste a Este. El resultado visual de este giro es que **aparentemente** los astros giran en nuestro horizonte en sentido inverso: de Este a Oeste. Para abreviar las explicaciones que a continuación se desarrollan vamos a suponer que es el Sol el que gira alrededor de la Tierra aunque todos sabemos que es ésta la que gira alrededor de él.

El Sol tarda visualmente un día en dar una vuelta alrededor de la Tierra. Es decir, recorre un ángulo de 360° en 24 horas. O lo que es igual, cada hora "barre" un espacio angular de 15° ($360^\circ/24 \text{ h.} = 15^\circ/\text{h.}$). Este fenómeno nos lleva a estudiar otro hecho: El de las distintas horas existentes en distintos puntos del planeta.

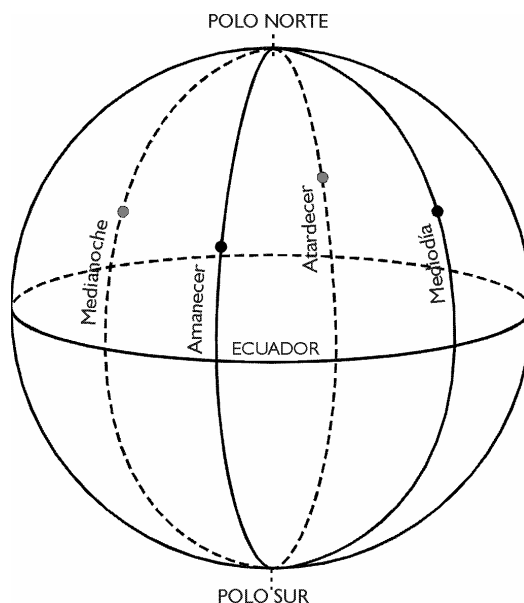


Fig. 5 Momentos del día

Supongamos que es mediodía solar en un punto situado en el meridiano de Greenwich. Es decir, son las 12 del mediodía y el sol se encuentra en su punto más alto. En un punto situado a 180° de este meridiano será medianoche (0 h.), mientras que en un meridiano situado a 90° al Oeste ($90^\circ/15^\circ=6$) faltaran 6 horas para el mediodía. Es decir estará amaneciendo. Por contra, 90° al Este de Greenwich, habrán pasado seis horas del mediodía y, por tanto serán las 6 de la tarde. (fig.5)

IMPORTANTE: Cuando hablamos de hora solar no debéis confundirla con la hora oficial (la que marca el reloj) ya que ésta va adelantada una hora en invierno y dos en verano:
HORA OFICIAL = HORA SOLAR + HORAS ADELANTO

HUSOS HORARIOS

Cada punto distinto en longitud tiene una hora solar distinta. Con el fin de unificar esta medida se establece, por convención, una medida horaria basada en los husos horarios. Estos son franjas de 15° de amplitud, con centro en un meridiano, que tienen la misma hora oficial.

Estos husos horarios localmente pueden ser alterados con el fin de mantener una misma región con el mismo horario oficial (en España, si se siguiera estrictamente esta división horaria, La Coruña tendría que tener una hora menos que Madrid como sucede con las Islas Canarias).

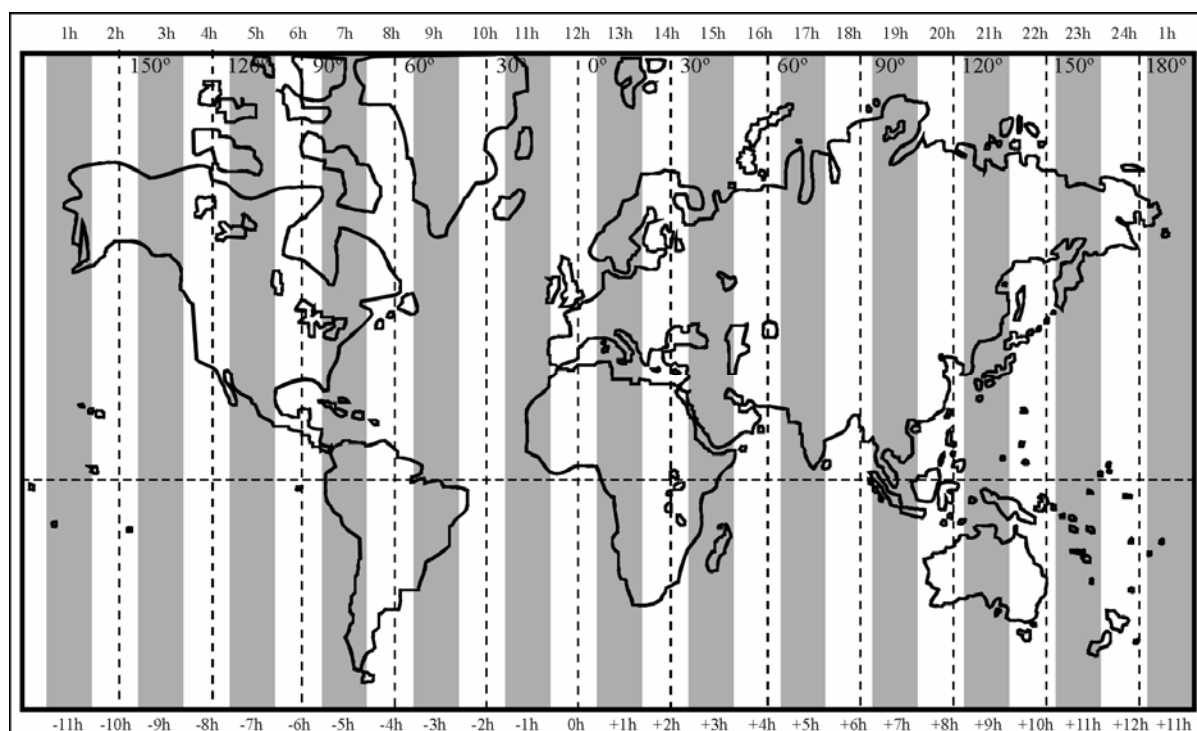


Fig. 6

EJERCICIOS

1. Al final del capítulo, encontrarás un mapa de Europa. Localiza el meridiano 0 y gradúa los meridianos y paralelos.
2. Calcula las coordenadas de las ciudades:

	Oslo	Atenas	Lisboa	Moscú	Dublín
Latitud					
Longitud					

3. Sitúa en el mapa de husos horarios mediante un punto rojo las siguientes ciudades: Nueva York, Moscú, Oslo y Londres (puedes valerte para ello de un globo terráqueo).
4. Suponiendo que en Fuenlabrada son las 12 horas y 30 minutos, escribe la hora que será en las ciudades indicadas:

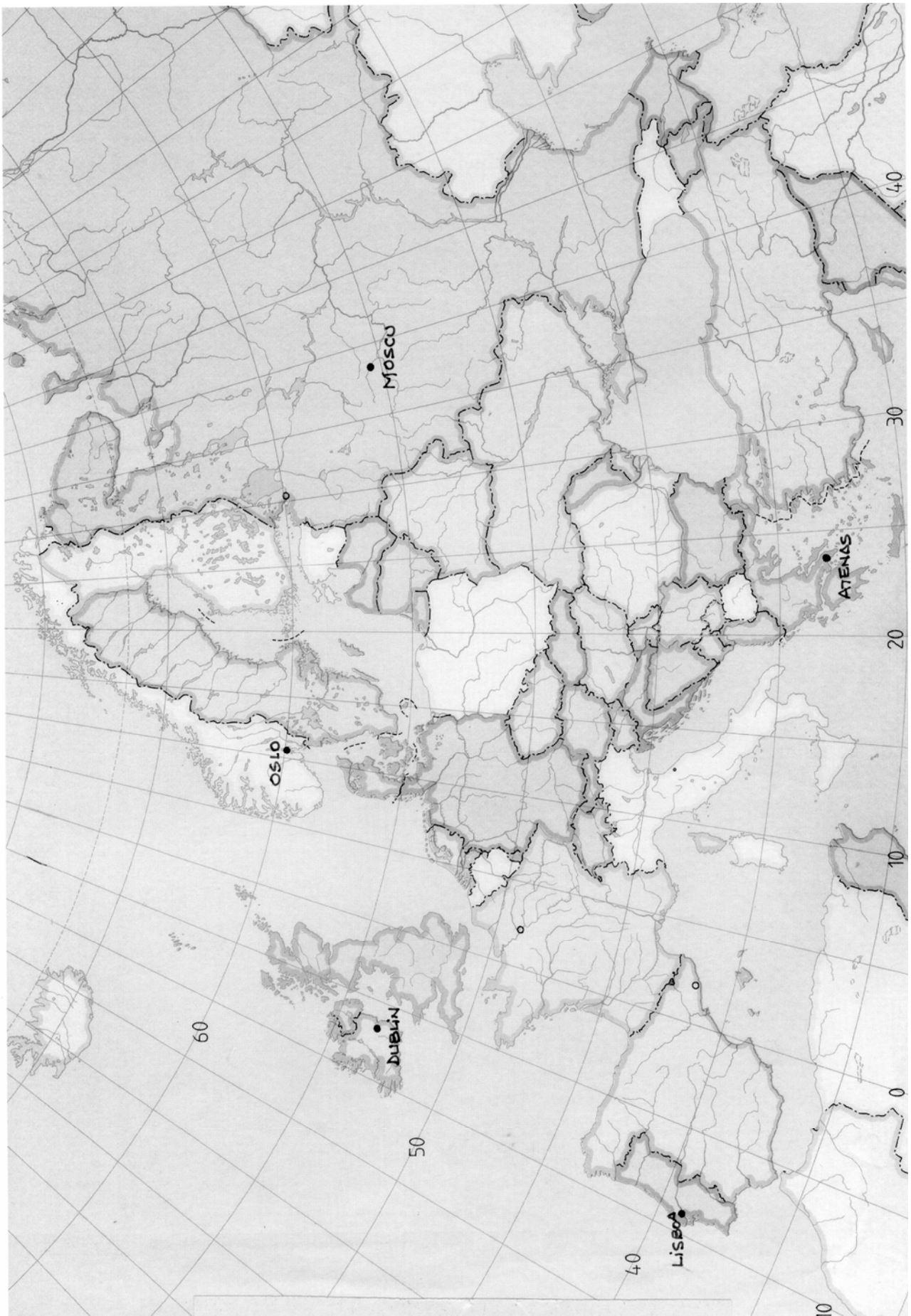
Nueva York	Moscú	Londres

5. Cuando en Madrid (longitud $3^{\circ} 41'$) son las 12 horas y 30 minutos en Ankara (Turquía) son las 19 horas y 30 minutos. ¿Qué longitud tiene dicha ciudad?

6. Ya has visto como una diferencia de longitud implica siempre una diferencia horaria solar. También has visto que no siempre una diferencia horaria solar implica una diferencia horaria oficial ya que en puntos de distinta longitud situados dentro del mismo huso horario se mantiene la misma hora de reloj. Un reloj de sol marca la hora solar no la hora oficial, **CALCULA** la diferencia horaria que marcaría un reloj de sol entre un lugar situado en el meridiano de Greenwich (por ejemplo Castellón) y Fuenlabrada (longitud $3^{\circ} 42'$ aprox.). Recuerda para este cálculo que el Sol recorre 15° cada hora.

7. Calcula la hora de reloj a la que se producirá el mediodía solar en las siguientes ciudades:

<u>Coruña</u> (longitud $08^{\circ} 23' O$)	<u>Girona</u> (longitud $02^{\circ} 49' E$)
<u>Huelva</u> (longitud $06^{\circ} 57' O$)	<u>Palma de Mallorca</u> (longitud $02^{\circ} 39' E$)



CAPÍTULO II

EL CIELO AL FINAL DEL CREPÚSCULO VESPERTINO



El crepúsculo es el momento del día posterior a la puesta del Sol o anterior a la salida del mismo. Cuando nos referimos al momento posterior a la puesta del Sol hablamos del crepúsculo vespertino y cuando lo hacemos al momento anterior a la salida del Sol hablamos del crepúsculo matutino. A medida que el crepúsculo vespertino avanza, el debilitamiento de la luz diurna va siendo mayor. Este proceso origina que, por el contrario, vayamos viendo más y mejor las estrellas que en el día se encuentran por encima de nuestro horizonte. Primero las estrellas más brillantes, después las más débiles. Al finalizar el crepúsculo vespertino nos hallamos en la noche cerrada. Desde un lugar alejado de las luces de la ciudad podemos tener la impresión de que el cielo es una enorme campana que nos envuelve en la que brillan cientos de estrellas dispersas y de brillos dispares.



Fig. 8

LAS ESTRELLAS.

Un cielo observado por primera vez en buenas condiciones de iluminación a buen seguro que arroja una doble sensación de maravilla y de incapacidad para retener o memorizar alguna característica distinta de la multitud y dispersión estelar. Sin embargo bastarían pocas horas de observación para que distinguiéramos ciertos parámetros característicos en ellas.

EL BRILLO DE LAS ESTRELLAS. Naturalmente la primera característica que descubrimos es el distinto brillo que parecen mostrarnos. Los griegos, hace ya más de 2.000 años, dividieron las estrellas en seis clases o magnitudes. Las más brillantes eran las estrellas de primera magnitud, las que mostraban la mitad de brillo que las anteriores eran de segunda magnitud, y así iban bajando en la escala hasta llegar a la sexta magnitud que corresponde a las estrellas que se encuentran justo en la frontera de la visibilidad humana. El origen descrito de esta escala de magnitudes que en realidad es una escala de brillos supone que cuanto más brillante es una estrella más pequeño es el número de su magnitud. Actualmente esta

clasificación se sigue utilizando manteniéndose por convención que dos estrellas que difieren en cinco magnitudes equivalen a una diferencia real de brillos de 100.

Si observamos el cielo desde una ciudad aunque sean buenas las condiciones luminosas no seremos capaces de observar estrellas más allá de la cuarta magnitud. Si las condiciones luminosas no son favorables porque haya luna llena o mucha luz ambiental procedente de farolas, edificios o coches, solo veremos las estrellas más luminosas.

EL COLOR DE LAS ESTRELLAS. Es el otro parámetro distinguible en una primera observación aunque no sea tan evidente como el anterior. En un primer momento todas las estrellas del cielo parecen blancas pero si las comparamos entre sí, pronto descubriremos tonalidades evidentes. Hay estrellas azuladas, rojizas, amarillentas etc.

Esta diferencia de coloración informa a los astrónomos sobre las temperaturas de las estrellas ya que con ellas sucede lo mismo que cuando calentamos un hierro y este va pasando del rojo al naranja, del naranja al amarillo, de éste al blanco y del blanco al azul según va aumentando la temperatura a la que lo sometemos.

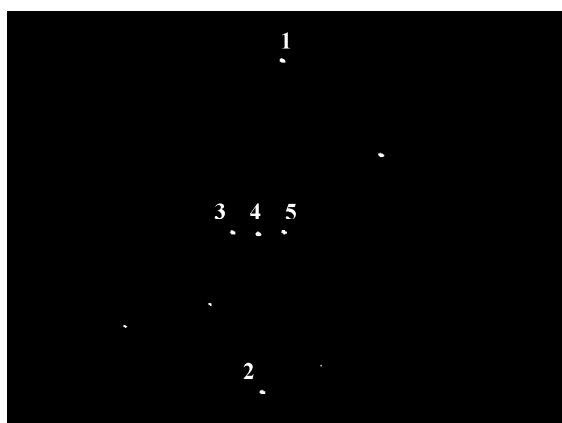


Fig. 9

En el grupo de estrellas de la fotografía de la izquierda, podemos distinguir claramente varias estrellas de distinto brillo:

Estrella 1: Primera magnitud. Azul

Estrella 2: Primera magnitud. Roja

Estrellas 3,4 y 5: Segunda magnitud. Blancas

Siendo el color y el brillo de las estrellas características importantes de las mismas no nos sirven para reconocer ni orientarnos en el cielo. Para ello hay que acudir a

LAS CONSTELACIONES

Las constelaciones son dibujos imaginarios que los antiguos astrónomos formaron con conjuntos de estrellas. Estos dibujos nos servirán como faros en el cielo para ir reconociéndolo poco a poco. Algunas constelaciones son visibles en ciertas épocas y reciben el nombre de constelaciones **estacionales**, otras en cambio son visibles durante todas las noches del año y reciben el nombre de **circumpolares**. En apartados posteriores veremos el porqué de estos fenómenos. Ahora veamos cual es el aspecto de las constelaciones más importantes:

PEGASO



fig. 10.1

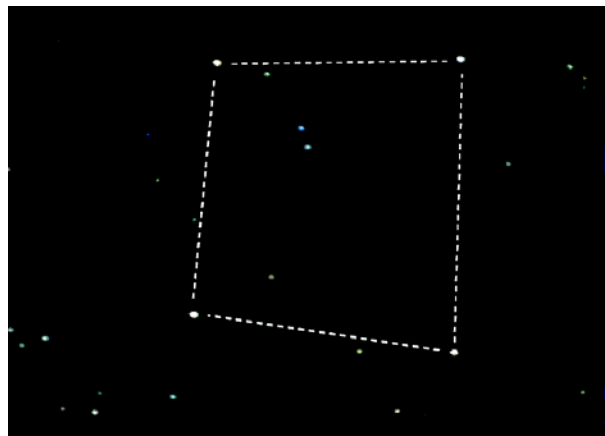


fig. 10.2

Su parte más reconocible es un cuadrado formado por cuatro estrellas de segunda magnitud. Es la constelación otoñal por excelencia ya que se ve durante la mayor parte de las noches de esta estación. En la mitología griega Pegaso era un caballo alado en el que el héroe Perseo rescató a la princesa Andrómeda de las garras de un monstruo marino. En el cielo otoñal es posible ver cerca de Pegaso a las constelaciones que llevan el nombre de los personajes que esta historia une: Perseo, Andrómeda y sus padres Cefeo y Casiopea.

ORIÓN

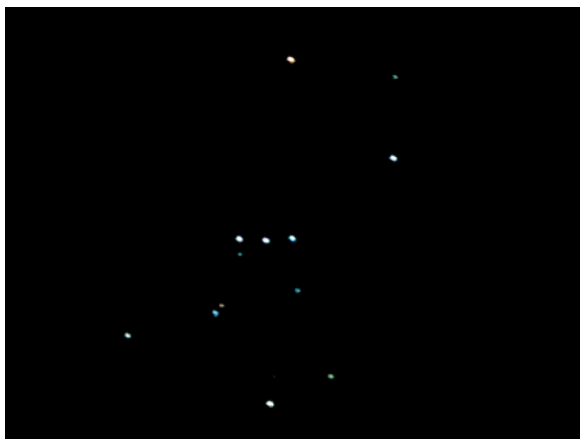


Fig. 11-1

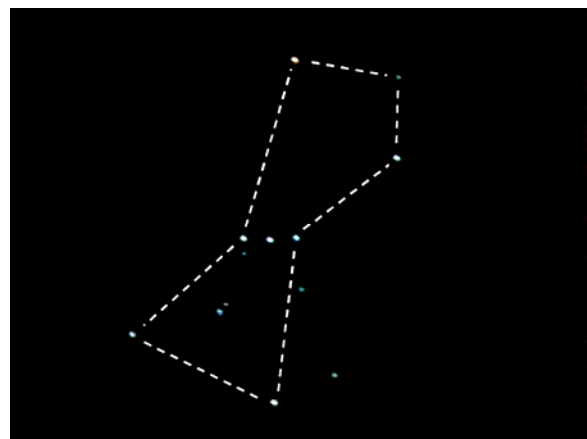


Fig. 11-2

Es una constelación impresionante formada por siete estrellas principales que le dan forma de cafetera o mariposa. Es quizás la constelación más fácilmente reconocible de los cielos de invierno. Orión en la mitología griega fue un cazador gigante.

GÉMINIS



Fig. 12-1

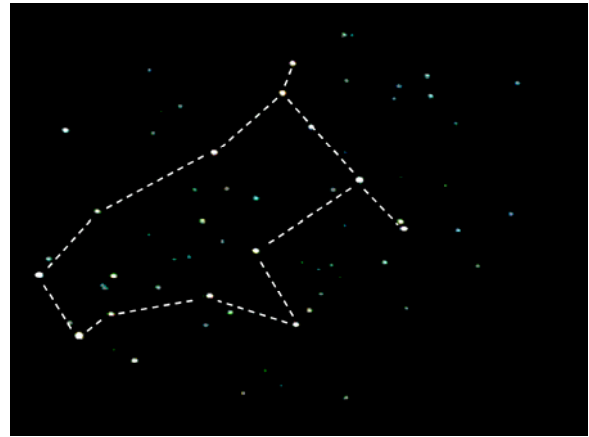


Fig. 12-2

Se encuentra al Este de Orión (a la izquierda). Forma casi un rectángulo en cuyo lado izquierdo se encuentran dos estrellas casi idénticas que dieron nombre a la constelación (gemelos). Es una constelación invernal.

LEO



Fig. 13-1

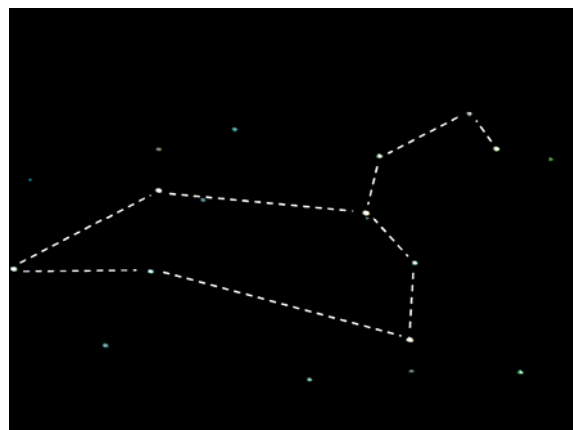


Fig. 13-2

Es de las pocas constelaciones que no cuesta imaginarse el mito evocado. En efecto uniendo las estrellas que la componen no resulta difícil ver un león echado y visto de perfil. Es una constelación primaveral.

BOYERO



Fig. 14-1

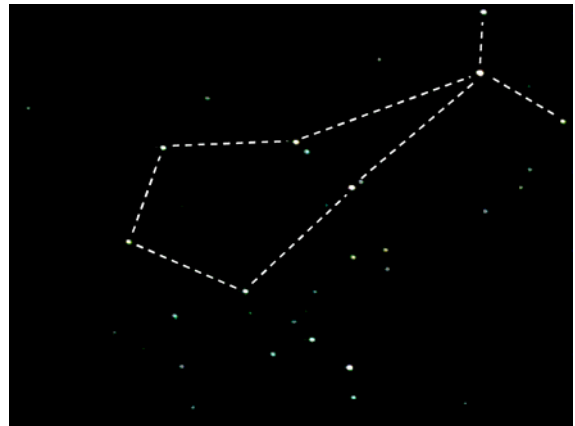


Fig. 14-2

En la mitología, el boyero era el conductor de las osas. La forma de esta constelación semeja una cometa en cuyo vértice destaca una estrella de primera magnitud: la brillante Arturo que es la cuarta estrella en brillo vista desde la Tierra.

EL TRIÁNGULO ESTIVAL



Fig. 15-1

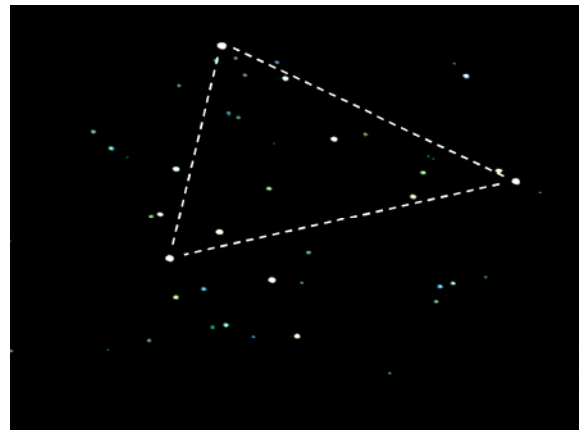


Fig. 15-2

El triángulo de verano no es una constelación sino la figura más representativa de los cielos de verano formada por un triángulo en cuyos vértices se encuentran tres estrellas de primera magnitud pertenecientes a tres constelaciones distintas. En la fotografía, la estrella más brillante que constituye el vértice superior del triángulo es Vega de la constelación de la Lira (constituida por la mencionada estrella y otras cuatro de cuarta magnitud que componen un rombo perfecto). El vértice de la

derecha es Altaír de la constelación del Águila (con una forma no muy definida) y el tercer vértice es Deneb de la constelación del Cisne que tiene forma de una gran cruz.

CASIOPEA



Fig. 16.1



Fig. 16.2

A diferencia de las anteriores constelaciones Casiopea es una constelación visible en nuestro cielo durante todas las noches del año. Tiene forma de "W" como se muestra en las figuras 16.1 y 16.2. Casiopea en la mitología griega, ya lo explicamos al hablar de Pegaso, fue la reina de Etiopía y madre de Andrómeda.

Todas las constelaciones descritas son importantes y representativas de nuestro cielo. Sin embargo ninguna de ellas alcanza la importancia que tiene una constelación siempre situada en el horizonte Norte:

OSA MAYOR



Fig. 17-1

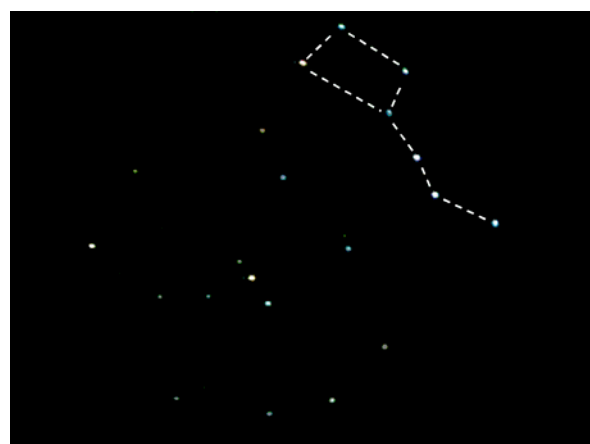


Fig. 17-2

Está formada por las siete estrellas principales de la fotografía. Su dibujo recuerda a una cuchara o un cucharón. En algunas culturas precisamente se la denomina así: el gran cucharón. No obstante, por ser visible siempre en el Norte, los griegos que fueron quienes la bautizaron quisieron ver un animal propio de las regiones nórdicas como en su tiempo era el Oso.

Las cuatro estrellas de la derecha, que forman un rectángulo se suelen denominar "el carro" y las tres de la izquierda "la cola" de la osa.

La importancia de la Osa Mayor es doble:

- Por un lado es visible durante todas las noches del año como le sucede a Casiopea
- Por otro lado a partir de la Osa Mayor, concretamente de las estrellas traseras "del Carro", podemos localizar la estrella nocturna más importante de nuestro cielo: **LA ESTRELLA POLAR.**

Para dicha localización basta con prolongar cinco veces la distancia que hay entre las estrellas traseras del carro de la Osa para llegar a una estrella aislada: es LA

ESTRELLA POLAR.

Este camino visual lo podemos ver en el siguiente par de fotografías:



Fig. 18-1

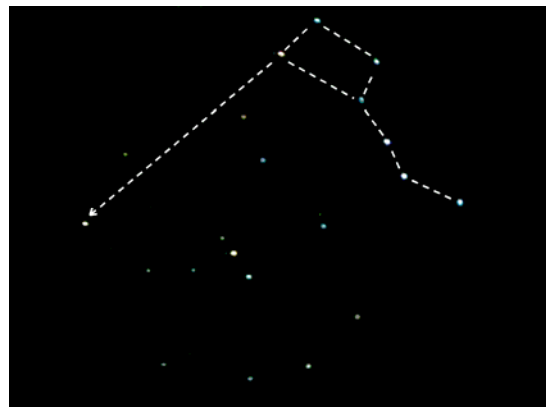


Fig. 18-2

LA IMPORTANCIA DE LA ESTRELLA POLAR

LA ESTRELLA POLAR Y EL MOVIMIENTO DE ROTACIÓN

La estrella polar es la estrella más importante de nuestro cielo nocturno. Y esa importancia se debe a la posición que ocupa en el movimiento aparente del mismo. Si habéis observado el cielo en momentos distintos de una noche, habréis podido comprobar como todas las estrellas parecen desplazarse con el paso del tiempo. Este desplazamiento afecta a todas las estrellas menos a una: **LA POLAR**. Esto sucede porque no son las estrellas quienes se desplazan sino que lo hacemos nosotros arrastrados por el movimiento de rotación terrestre en torno a su eje. Pues bien, en la prolongación de dicho eje se encuentra la estrella polar con el consiguiente efecto descrito. Para que lo entendáis, este efecto es similar al que se produce cuando abrimos un paraguas y lo hacemos girar encima de nuestra cabeza. Si el mango del paraguas, centro de giro del mismo, lo ponemos justo encima de nuestros ojos, todos los puntos de la sombrilla parecen desplazarse excepto el centro de giro. Pues bien, la estrella polar es el mango del paraguas y las estrellas los distintos puntos de la sombrilla.



Fig. 19

Este fenómeno podemos comprobarlo sin más que realizar una fotografía con una cámara fija apuntando a la estrella polar. Si dejamos el objetivo abierto durante mucho tiempo se obtiene una imagen como la de la figura 19 en la que en el centro de la misma permanece la estrella polar y las demás estrellas dejan un rastro circular alrededor de la misma.

Este movimiento circular de rotación estelar en torno a la polar afecta a todas las constelaciones originando que vayan cambiando de posición a lo largo de la noche

como se ejemplifica en la secuencia siguiente:

Distintas posiciones de la Osa Mayor a lo largo de la noche



Fig. 20-1

Fig. 20-2

Fig. 20-3

Este giro se realiza de forma que cada 24 horas se completa una vuelta. Así al anochecer de un día de Noviembre la Osa Mayor ocupa la posición 1, a la 1 de la madrugada ha girado hasta la posición 2. Al amanecer se encuentra muy alta en el cielo (posición 3). A mediodía, e invisible por cegar el Sol su visión, se encontrará en la posición 4.

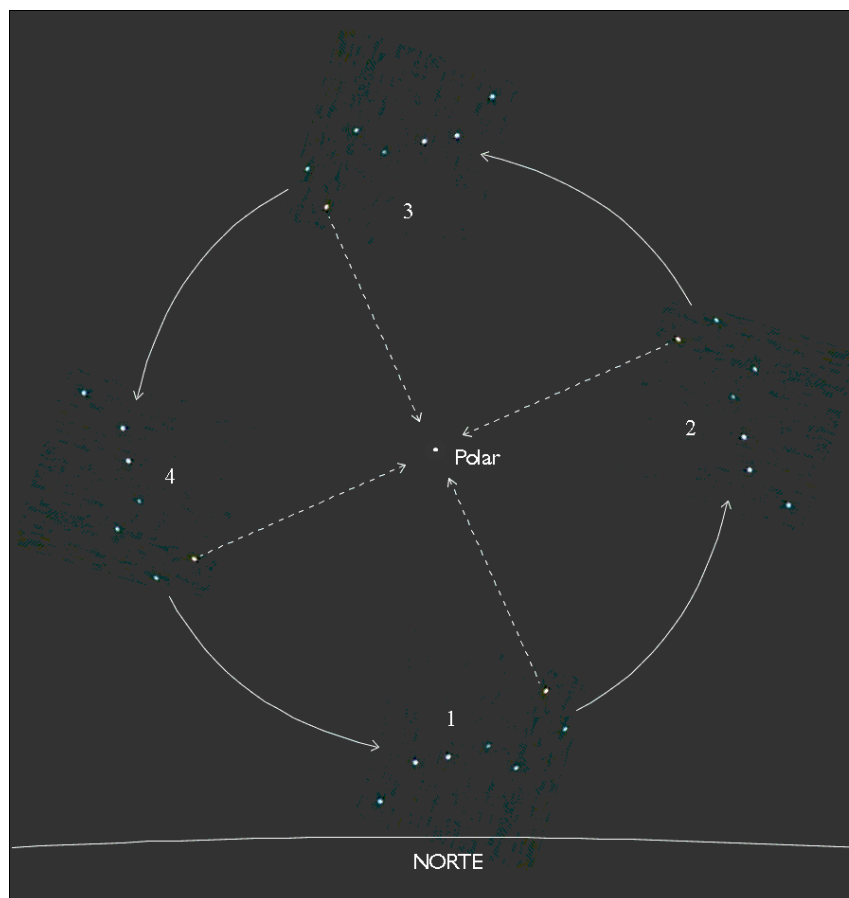


Fig. 21

LA POLAR Y EL MOVIMIENTO APARENTE DE LAS DEMÁS ESTRELLAS: CIRCUMPOLARIDAD Y ESTACIONALIDAD.

Siendo la estrella polar el centro de giro del resto de la bóveda celeste, todas las estrellas de la misma completan una vuelta cada 24 horas. La distancia angular de las estrellas a la polar determina por tanto la amplitud del círculo descrito.

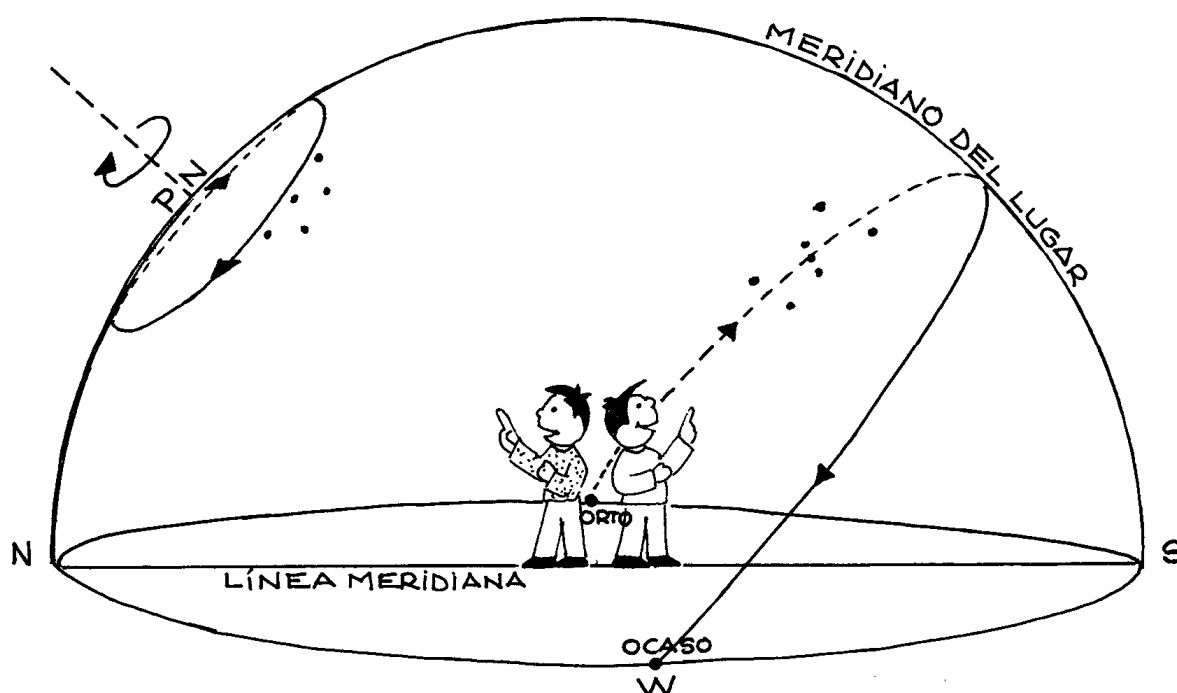


Fig. 22 *Distintos recorridos estelares según su distancia angular a la Polar*

Como podéis ver por el dibujo de la figura 22, algunas estrellas completan su recorrido manteniéndose siempre por encima de la línea del horizonte. Esto significa que todas las noches son visibles. Estas estrellas reciben el nombre de **ESTRELLAS CIRCUMPOLARES**. En cambio hay otras estrellas cuyo giro alrededor de la Polar las lleva a completar la vuelta por debajo del horizonte. Estas estrellas no son siempre visibles ya que en ciertas noches no se encontrarán por encima del horizonte del observador. Reciben el nombre de **CONSTELACIONES ESTACIONALES** por ser su observación posible sólo en ciertas estaciones.

LA ESTRELLA POLAR Y LA LATITUD

Otro dato que nos suministra la estrella Polar es el de la latitud a la que estamos observándola. En efecto, la estrella Polar la veremos siempre a una cierta altura sobre el horizonte norte. Esta altura es un ángulo que, por matemáticas, ha de ser igual al ángulo de latitud del lugar desde donde estemos haciendo la observación.

Esta propiedad nos permite poder calcular nuestra latitud sin más que medir la altura que alcanza la estrella Polar sobre el horizonte. Esta medida podemos realizarla con un instrumento de fácil construcción y manejo denominado cuadrante. Al final del capítulo tenéis una guía para su construcción.

Si la altura de la Polar es igual a la latitud del punto de observación, según viajemos al sur o al norte veremos que la altura de dicho astro varía disminuyendo en el primer caso y aumentando en el segundo.

En nuestro hemisferio, la máxima altura se conseguirá en el punto de máxima latitud. Esto es en el Polo Norte. Un observador situado en dicho punto se encuentra a una latitud de 90° por lo que la Polar se situará a dicha altura sobre el horizonte. Es decir, encima de la cabeza del observador (vertical del lugar).

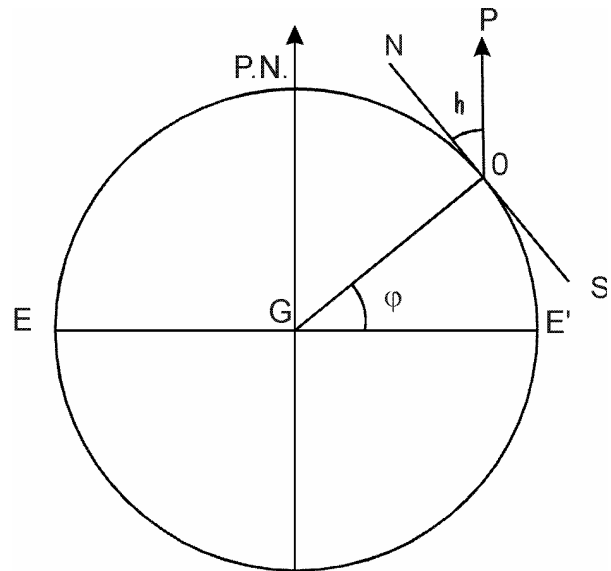


Fig. 23

En el dibujo tenemos representada la esfera terrestre y en un punto O de su superficie, un observador a una latitud φ . Si desde O miramos a la estrella polar, como está infinitamente lejos, hemos de considerar la línea visual hacia el polo P como paralela al eje de la Tierra. El ángulo h es la altura que alcanza la estrella Polar sobre el horizonte del lugar. Los ángulos φ y h son iguales en virtud de una propiedad que cumplen todos los ángulos:

**Ángulos con lados
perpendiculares
son iguales**

En efecto, el lado OP es perpendicular a GE' y ON es perpendicular a GO . Por tanto los ángulos φ y h tienen que ser iguales: $\varphi = h$.

La mínima altura se conseguirá en cambio a una latitud de 0° es decir en un punto

del ecuador. Aquí la estrella polar se situará a ras del horizonte Norte. Dado que la esfera celeste gira con centro en la estrella Polar, la situación extrema de esta en ambas latitudes supone que el movimiento aparente de las estrellas en dichos puntos es sustancialmente distinto entre sí y del observado en un punto de latitud intermedia como el nuestro. Estos movimientos podéis verlos representados:

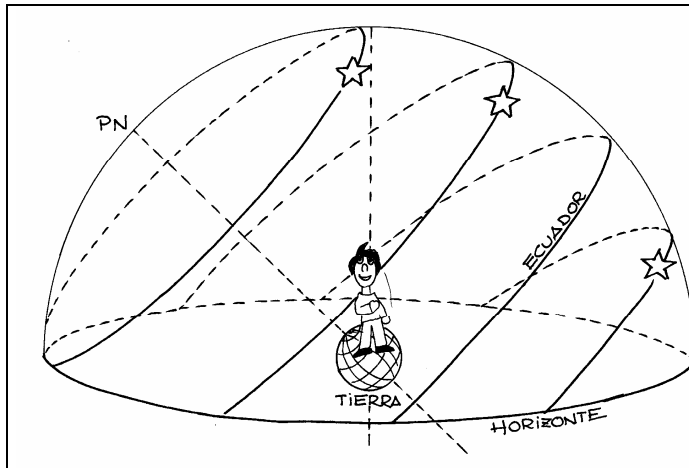


Fig. 24

El observador se encuentra en una latitud intermedia. Aquí todas las estrellas describen arcos oblicuos sobre el horizonte. Algunas estrellas como la situada a la izquierda, cercanas a la Polar, no se ponen nunca. Otras, como la central y la situada a la derecha de la figura, salen y se ponen.

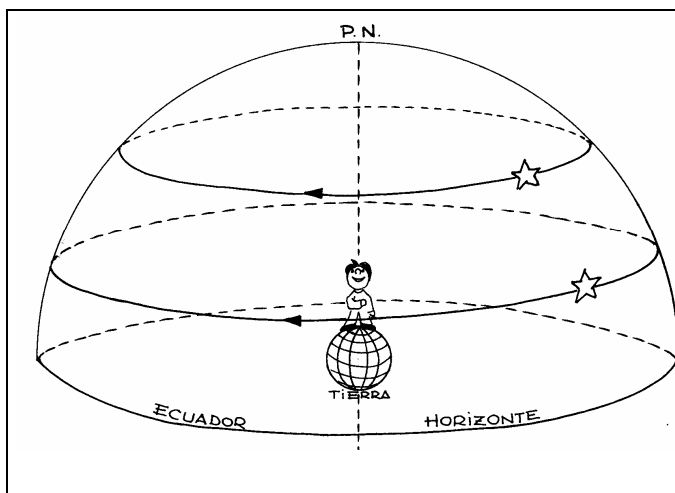


Fig. 25

El observador se encuentra en el Polo Norte: todas las estrellas describen círculos concéntricos paralelos al horizonte, sin ganar ni perder altura con respecto a él. Ninguna estrella sale y ninguna se pone. Por tanto, todas las noches verá las mismas estrellas. Todas son circumpolares.

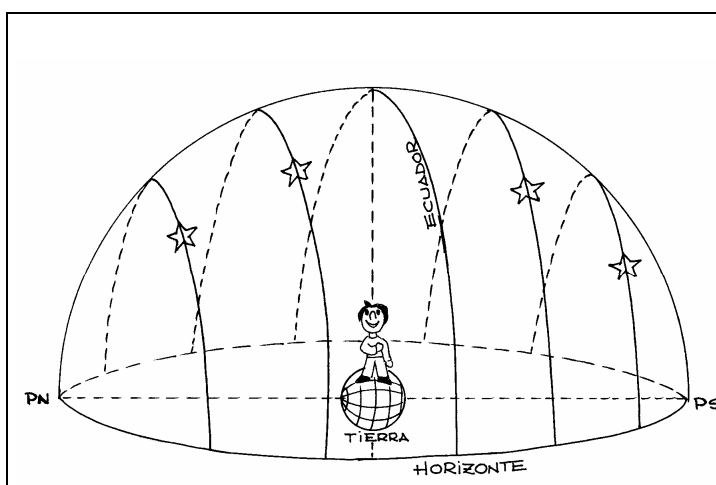


Fig. 26

El observador se encuentra en el ecuador: todas las estrellas describen círculos alrededor de la línea horizontal norte-sur (línea meridiana) y todas las estrellas salen y se ponen. No hay ninguna circumpolar. Todas son estacionales.

Por tanto, además de su distancia angular a la polar, una estrella será circumpolar o no según la latitud desde la que se realice la observación.

EJERCICIOS

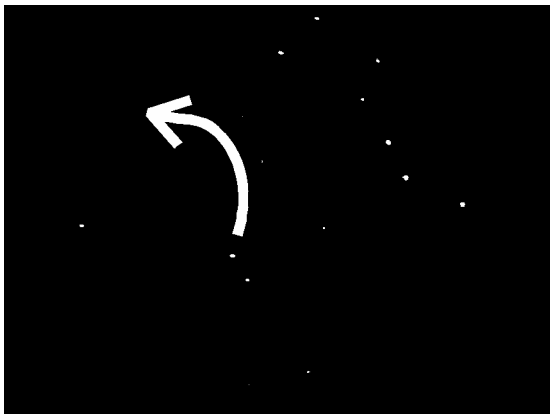
1. Une con una línea las estrellas que forman la "Osa Mayor".

Rodea con un círculo la estrella polar.

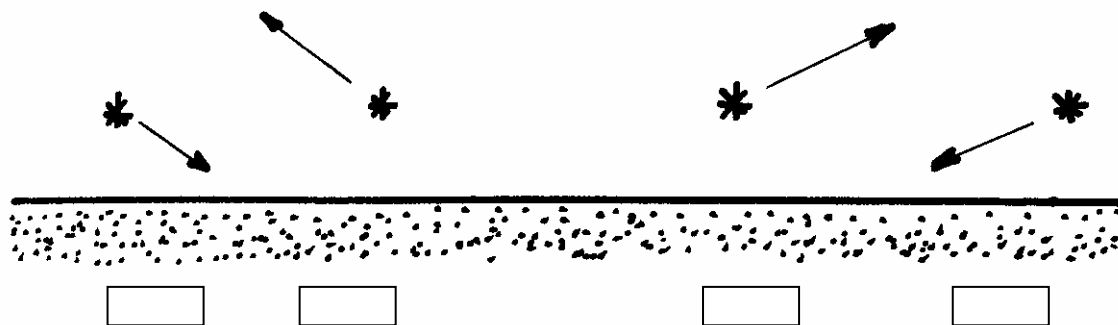


2. Explica porqué es importante la Polar.

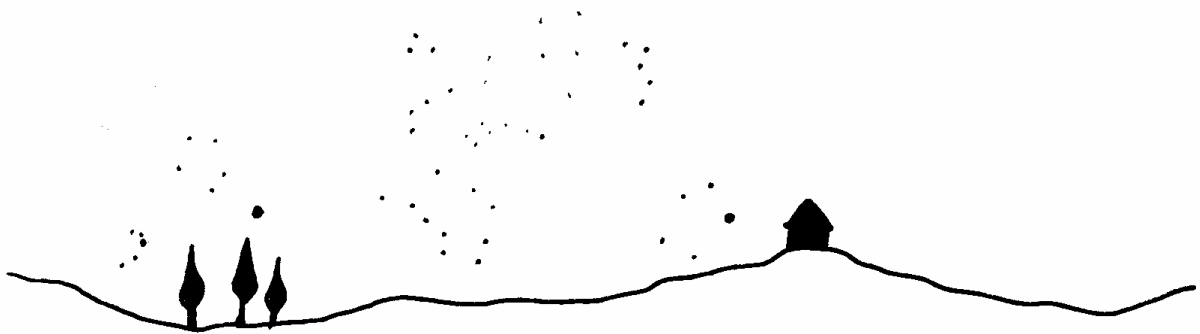
3. Señala cuál de los dos sentidos vemos girar a las estrellas alrededor de la Polar cuando miramos hacia el Norte.

☐☐

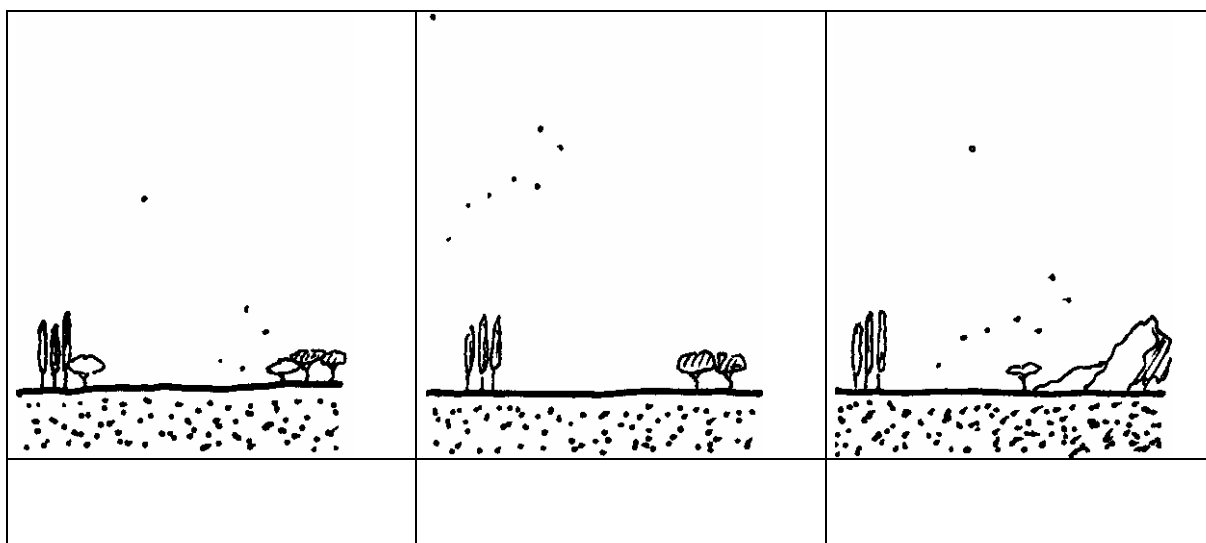
4. Señala cuál de estos movimientos describe una estrella cercana al horizonte este



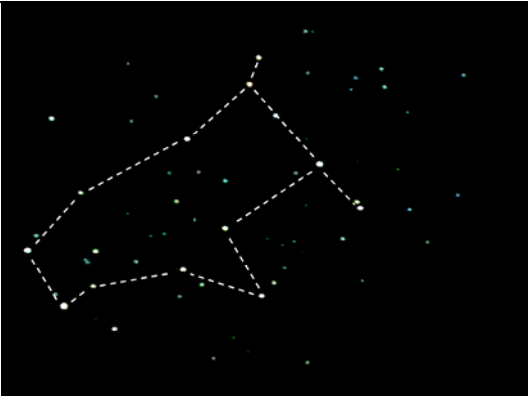
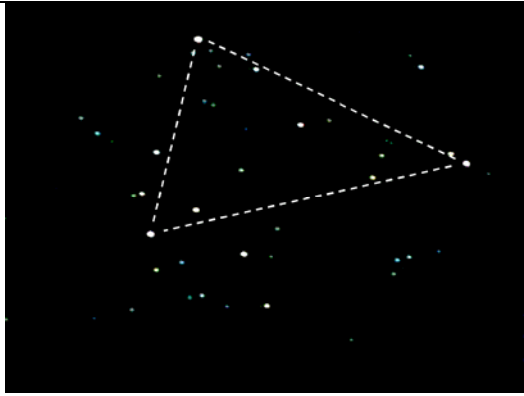
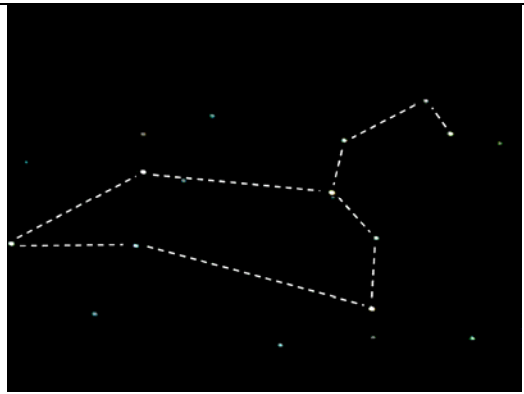
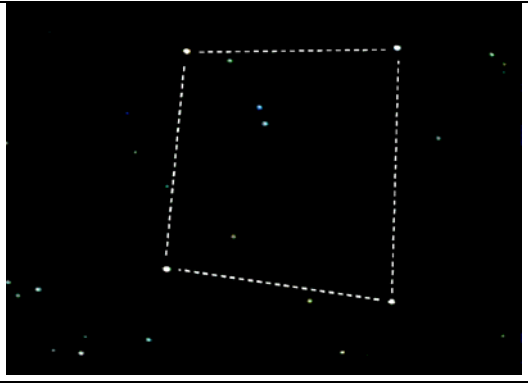
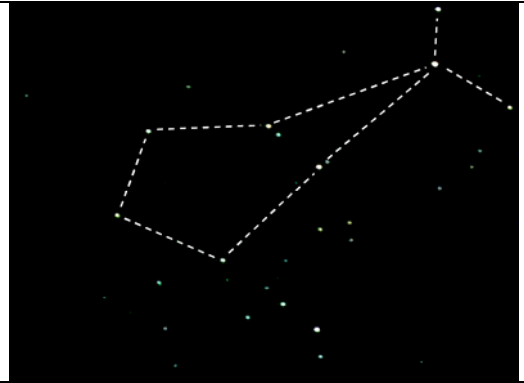
5. En el dibujo se representa el horizonte de un observador cuando este mira al Norte. Rodea de rojo dos estrellas circumpolares y de azul dos estacionales.



6. Los dibujos inferiores corresponden a la visión que desde Las Palmas de Gran Canaria (latitud 28°N), Fuenlabrada (40°N) y Dublín (60°N) tienen en la misma noche de la Polar y la Osa Mayor. Escribe en cada recuadro la ciudad desde la que se está realizando dicha observación.



7. De las constelaciones que se dibujan a continuación, escribe el nombre de las que conozcas:

TRABAJO DE TALLER

CONSTRUCCIÓN DE UN CUADRANTE

El cuadrante es un instrumento válido para medir la altura de los astros sobre el horizonte. Para su fabricación habréis de utilizar:

- Un trozo de madera fina (contrachapado) de aproximadamente 25 X 25 cms.
- Un trozo de cuerda fina de unos 50 cms. De longitud.
- Un objeto que haga de plomada (tuerca por ejemplo)
- La funda de un bolígrafo "bic" o un tubo hueco

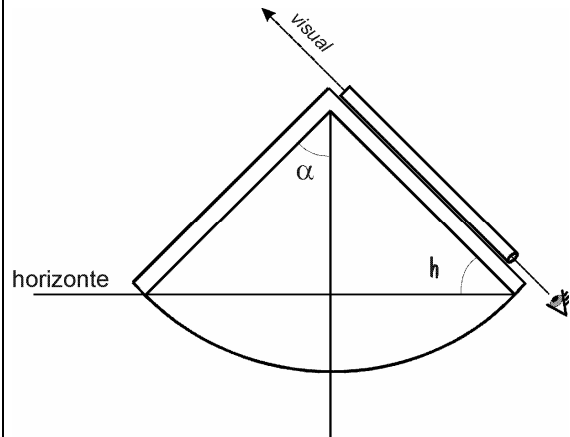


Fig. 40

El ángulo que nos marca el cordel sobre el lado circular, α , es igual al ángulo, h , que determina la altura del astro sobre el horizonte en virtud de la propiedad de que ángulos de lados perpendiculares son iguales.

CONSTRUCCIÓN

Se dibuja, dejando un margen de unos 2 cms. , un cuarto de círculo. Se gradúa el lado circular con ayuda de un transportador, de 0° a 90° , como se indica en la figura 41.

A continuación, en el centro del círculo graduado se abre un orificio por el que se hace pasar el cordel. Del otro extremo se cuelga la plomada que ha de ser lo suficientemente pesada como para tensar el cordel. Por último se pega la funda del bolígrafo o tubo en el extremo AB (extremo del borde con la graduación de 90°)

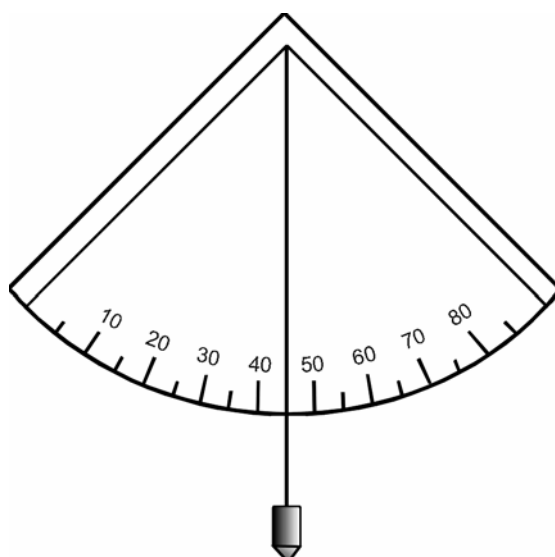


Fig. 41

UTILIZACIÓN

Dirigimos, a través del tubo, la mirada a la estrella polar u el objeto deseado (luna, cualquier otra estrella...) Tal y como se indica en la figura 40. Cuando la cuerda deje de oscilar, se sujeta con el dedo y se observa la graduación marcada en el limbo.

CAPÍTULO III

EL CIELO DE LA MADRUGADA



EL MOVIMIENTO ANUAL DEL CIELO

Recordemos el cielo del comienzo de la noche que teníamos cuando iniciamos esta hipotética observación:

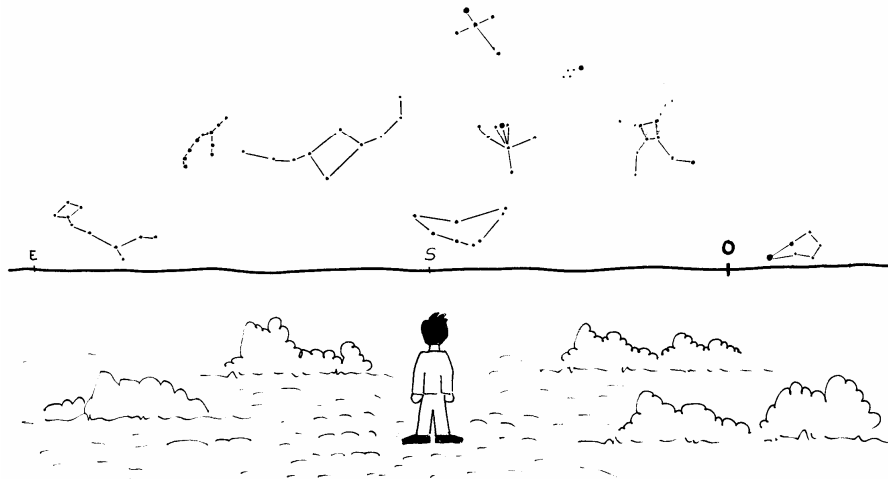


Fig. 42

Si volviéramos a analizar el cielo seis horas más tarde, ya de madrugada, observaríamos que todo el cielo se ha desplazado por efecto de la rotación terrestre hacia el Oeste. Por este punto del horizonte han desaparecido las constelaciones más próximas al mismo en el comienzo de la noche y por el Este han aparecido nuevas constelaciones.

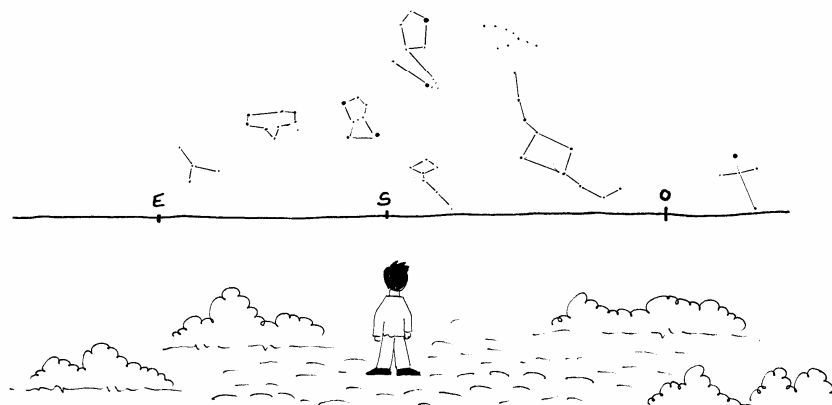
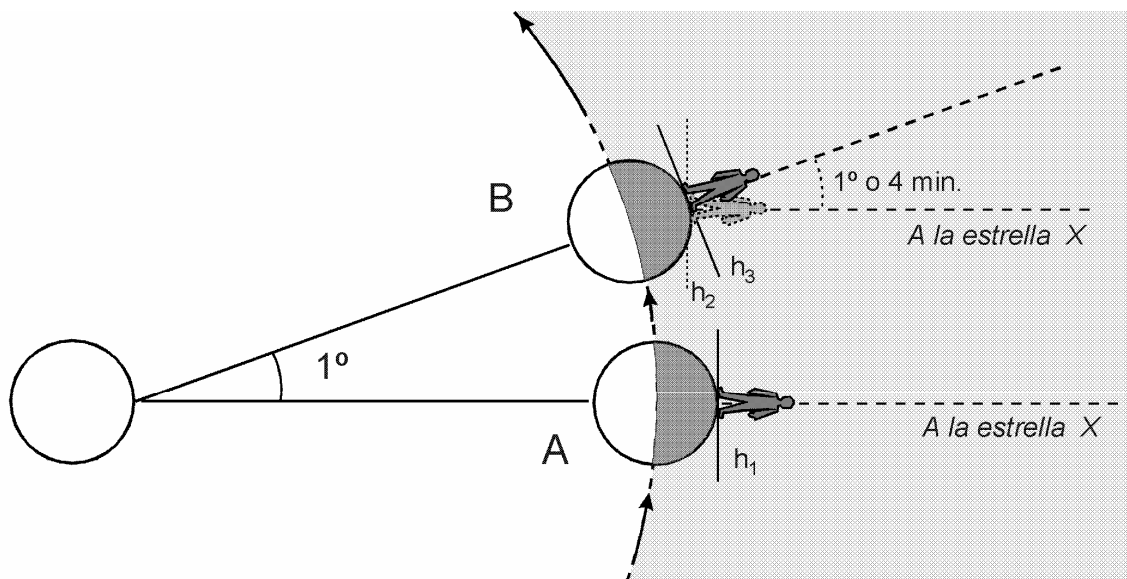


Fig. 43

Para explicar esta variación nos basta con citar la rotación terrestre como causa de la misma. ***Sin embargo, este cielo que vemos a la una de la madrugada de hoy, lo veremos al anochecer dentro de tres meses.***

La rotación ahora no explica el fenómeno. Hemos de acudir a otro movimiento terrestre:

LA TRASLACIÓN ALREDEDOR DEL SOL



En el dibujo tenemos representado el cielo de un observador en dos noches consecutivas. En la posición A, el horizonte de medianoche viene representado por h_1 . De A a B, ha transcurrido un día y la Tierra, en su recorrido casi circular alrededor del Sol, ha descrito un arco de 1° . El horizonte coincidente con h_1 en la posición B, es h_2 . Sin embargo, la Tierra ha de girar aún 1° para que el observador se encuentre exactamente en la medianoche. Este giro de 1° lo realizará en 4 minutos. Por tanto, el cielo visible en la madrugada de A será observado en B con 4 minutos de antelación.

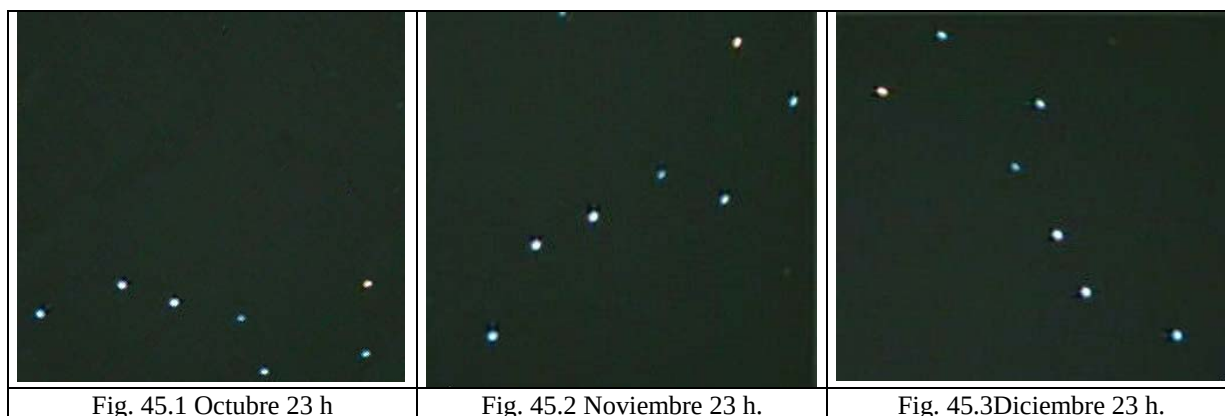
IMPORTANTE

Debido a que la Tierra realiza una traslación anual alrededor del Sol. Todas las noches a la misma hora no se ven exactamente las mismas estrellas. Debido a esta traslación se produce una diferencia de cuatro minutos diarios.

Cuatro minutos de un día para otro no arroja una gran diferencia: El cielo de noches consecutivas es prácticamente el mismo. No obstante, al cabo de un mes, el adelanto producido en la visión del cielo será de $30 \times 4 = 120$ minutos = 2 horas. En tres meses la diferencia será de seis horas y en seis meses de doce. Al cabo de los 12 meses del año, existirá una diferencia de 24 horas. Como esto supone un día completo, volveremos a ver el mismo cielo que un año antes.

Consecuencia de lo explicado es que se obtienen visiones anuales del cielo análogas a las realizadas a distintas horas de una noche.

En la siguiente secuencia se registran las diferentes posiciones de la Osa Mayor a una misma hora en distintos meses del año. Como podéis comprobar, coincide con la registrada en una noche de octubre cada dos horas.



EL PLANISFERIO

Es el instrumento más sencillo para conocer el aspecto que tendrá el cielo en cualquier momento del año así como para identificar las estrellas que vemos la noche en que realizamos la observación.

El planisferio consta de dos partes: el mapa de estrellas, cuyo borde está graduado en días y meses del año y la máscara del horizonte, graduada en 24 horas.

Al final del capítulo, en el apartado de trabajos de taller, tienes el material necesario para construirte uno. Para fabricarlo, pega el mapa de estrellas sobre una cartulina, cartón grueso o madera fina de contrachapado y recórtalo para darle forma redondeada. Recorta la máscara del horizonte y superpónla al mapa de estrellas procurando que sean concéntricos. Agujerea el centro de ambos y coloca un encuadernador con el fin de que puedan girar uno respecto al otro.

MANEJO DEL PLANISFERIO

El cielo en un día y una hora: Es la aplicación más generalizada. Para ver el cielo en un día concreto a una hora determinada, haremos coincidir la fecha del mapa de estrellas con la hora de la máscara del horizonte. Las horas marcadas en la máscara son horas solares que como sabes es la hora oficial menos 1 o 2 horas, según la época del año.

Lo que ves en la ventana del planisferio son todas las estrellas visibles en ese

momento. Te darás cuenta que el cielo que tienes representado es plano y que esto añade una dificultad a la hora de intentar orientarte en el cielo semiesférico real. Para facilitarte esta orientación, si quieres observar las estrellas que se encuentran hacia el sur, pon el planisferio con la palabra Sur hacia abajo. Si deseas ver las estrellas del horizonte norte, sitúate para ese punto y coloca el planisferio con la palabra Norte, hacia abajo. Lo mismo puedes hacer en los casos del Este y el Oeste.

Con el planisferio puedes también averiguar datos relativos al Sol:

Posición del Sol: Pon el radio que señala al Sur, marcado en la máscara del horizonte, señalando el día en cuestión. El Sol se encontrará en la intersección de ese radio con la eclíptica (Línea de trazos marcada en el mapa de estrellas y que señala el camino del Sol en el cielo).

Salida y Puesta del Sol. Determina la estrella más próxima a la posición del Sol en el día que deseas conocer este dato. Gira la máscara del horizonte hasta que el Este (para la salida) o el Oeste (para la puesta) coincidan con la estrella de referencia. La hora de la máscara del horizonte que coincide con la fecha del mapa de estrellas nos da la hora de salida o puesta.

Movimiento anual del Sol: Comprueba como cada día el Sol se va desplazando, respecto a las estrellas hacia la izquierda. En los equinoccios (21 de marzo y 21 de Setiembre) el sol pasa por el ecuador (marcado con declinación 0°), y el Sol sale a las 6 horas y se pone a las 18h. El 21 de junio y 21 de diciembre, coincidiendo con los solsticios, es cuando, aproximadamente, el Sol sale, respectivamente, antes y más tarde y se pone más tarde y antes.

Es posible que, en ocasiones, la estrella más brillante del cielo no aparezca en nuestro planisferio. Esto se debe a que nos encontramos ante la presencia de un objeto distinto de una estrella: Probablemente ante UN PLANETA.

LOS PLANETAS

Los planetas son visibles en el cielo en forma de estrellas. A diferencia de ellas, la luz que les vemos no es propia sino que, como sucede con la Tierra, reflejan la luz que proviene del Sol.

La cercanía de estos cuerpos a la Tierra origina que la mayoría de ellos parezcan estrellas muy brillantes por lo que suelen ser los primeros astros visibles en el anochecer y los últimos en ser cegados por la luz del Sol en el amanecer. Aunque puedan llamar nuestra atención por su brillo, no es esta su característica más definitoria sino su posición a lo largo del año con respecto al resto de las estrellas. En la secuencia fotográfica inferior se muestra el movimiento de Marte a lo largo de varios meses:

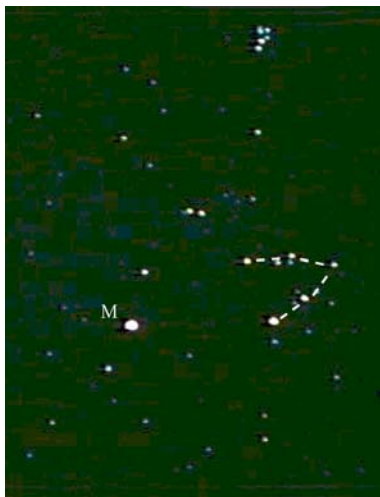


Fig. 46.1
29/9/90

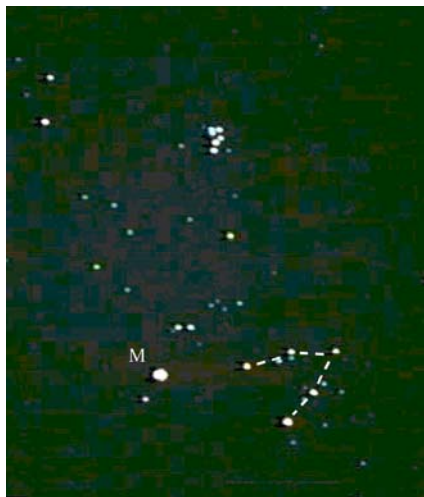


Fig. 46.2
16/10/90

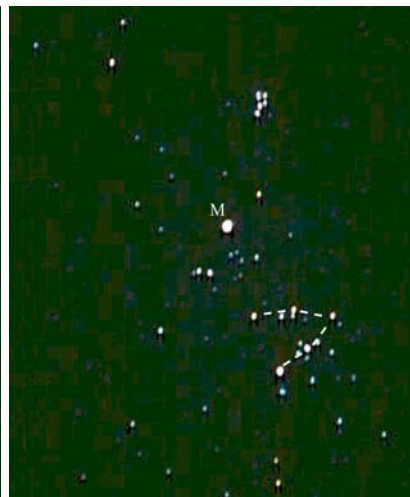


Fig. 46.3
11/3/91

Como puedes observar, Marte, la “estrella” más brillante va variando su posición al Este (izquierda) de las estrellas fijas. Es precisamente esta característica, la de desplazarse de forma independiente lo que dio origen al nombre de **planetas** para estos astros. *Planeta* en griego significa *estrella errante* en alusión a este movimiento independiente del resto de las estrellas.

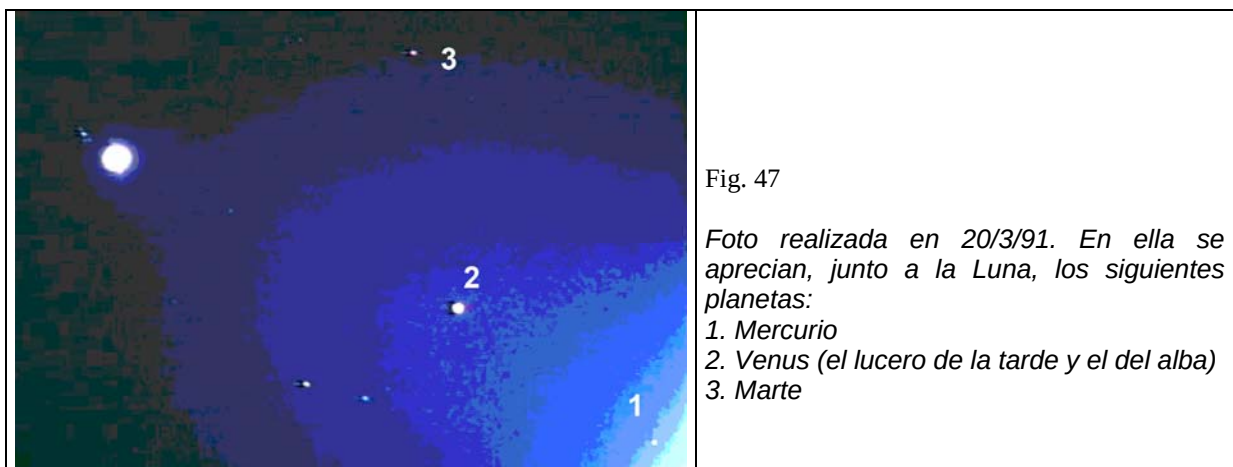
Los griegos conocían Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Urano, Neptuno y Plutón no son visibles a simple vista por lo que su existencia no era conocida por los antiguos griegos. Hubo que esperar a la invención del telescopio para que su presencia en los cielos fuera descubierta. Con ellos se siguió la tradición de bautizarlos con nombres de dioses latinos asociados a características que les recordaran: Mercurio, el mensajero de los dioses, reconocible por su rapidez. Venus, la diosa de la belleza. Marte, el dios de la guerra, asociado al color rojo de la sangre. Júpiter el rey de los dioses. Saturno, dios del tiempo, asociado a la lentitud. Urano, padre de Saturno y abuelo de Júpiter. Neptuno dios de los océanos

asociado al azul del mar. Plutón dios de las profundidades en cuyo reino no llegaba nunca la luz del Sol.

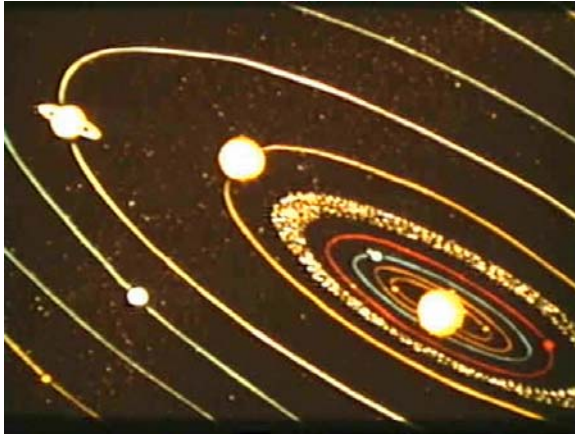
Por las características peculiares en cuanto a su desplazamiento en el cielo, los planetas no vienen registrados en los mapas estelares ni en los planisferios. ¿Cómo reconocer por tanto un planeta y no confundirlo con una estrella?. Hay dos datos que nos pueden servir para esta distinción:

POR SU BRILLO: Una estrella con un brillo notorio no identificada claramente en un planisferio probablemente sea un planeta. Pero sobre todo hay que tener en cuenta que las estrellas no tienen brillo fijo sino que centellean o “titilan”. Los planetas no presentan esa característica sino que tienen un brillo fijo.

POR SU POSICIÓN: Un planeta será visible siempre en la franja del cielo por la que transitan el Sol y la Luna. Esto es, con el observador mirando al Sur, en la franja de Este a Oeste recorrida por el Sol y la Luna.



Como puedes notar, Mercurio y Venus están en la parte del cielo en la que aún hay claridad. Dado que esta fotografía fue tomada al anochecer, estamos hablando de que están situados al Oeste, por donde se acaba de poner el Sol. Esta situación de Mercurio y Venus cercana al Sol no es producto de la casualidad sino una característica derivada de su situación con respecto a la Tierra en el Sistema Solar. Para entender esto veamos cual es la configuración de los planetas en su giro alrededor del Sol.



En la figura tenéis representado el Sistema Solar. En orden de menor a mayor cercanía al Sol tenemos: Mercurio, Venus, La Tierra, Marte, el cinturón de asteroides, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón

Fig. 48

Todos los planetas orbitan prácticamente en el mismo plano alrededor del Sol. Esto ocasiona que desde la Tierra veamos al resto de planetas en ese plano denominado eclíptica.

El fondo de estrellas atravesado por la eclíptica cobra una especial importancia porque es en esas constelaciones donde se encontrarán los planetas, el Sol y la Luna. Estas constelaciones son las **constelaciones zodiacales**.

Mercurio y Venus son planetas interiores ya que se encuentran más cerca del Sol que la Tierra y por tanto su órbita queda dentro de la Terrestre. A partir de Marte sucede lo contrario. Son planetas exteriores.

POSICIONES PLANETARIAS

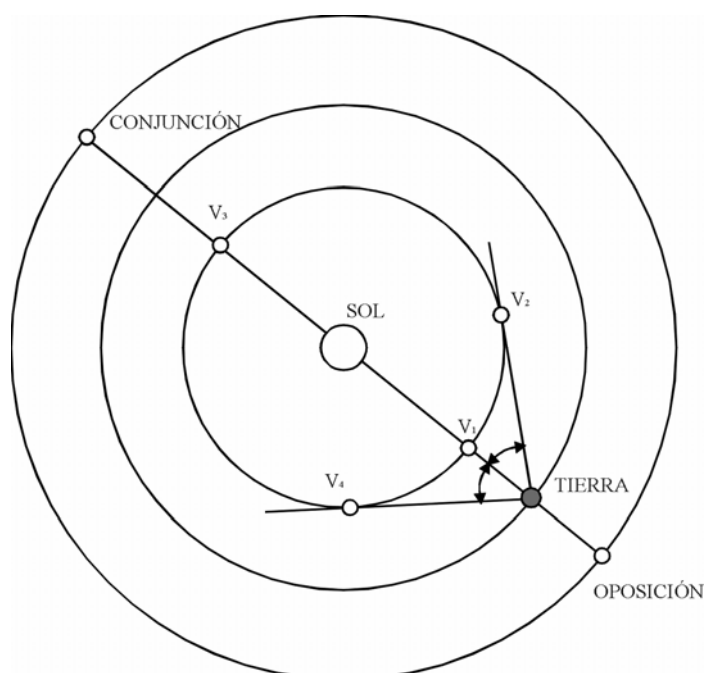


Fig. 49

En la figura tienes representado el Sol, la Tierra y su órbita y dos órbitas: una interior a la terrestre y otra exterior a la misma.

La posición que un planeta interior puede mantener respecto a la Tierra es limitada porque siempre lo veremos cerca del Sol. El ángulo que forman el Sol y el planeta con vértice en la Tierra se llama **elongación**.

La máxima elongación del planeta inferior se consigue en V₂ y V₄. No obstante esta no es muy grande (la máxima elongación de Venus es de 46° y la de Mercurio, 23°) por lo que el planeta en cuestión será visto siempre cerca del Sol. Esto es, al anochecer o al amanecer.

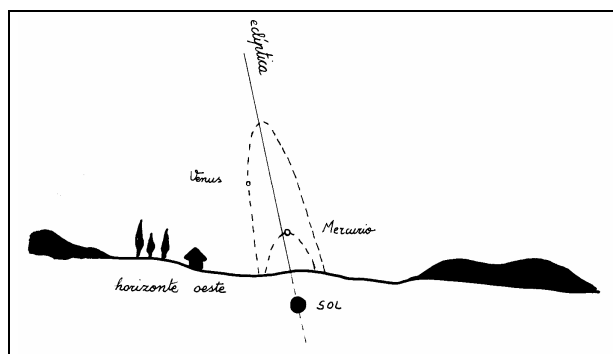


Fig. 50-1

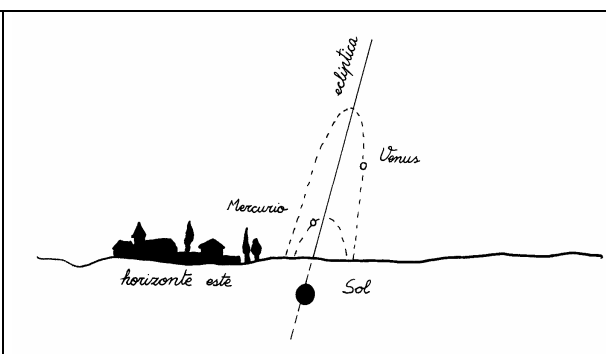


Fig. 50-2

Los planetas Mercurio y Venus, por estar siempre cerca del Sol solo son visibles al amanecer (figura 50.2) o al anochecer (figura 50.1) ya que en el primer caso cuando el Sol aparezca por el horizonte Este cegará la visión de ambos y en el segundo, dejarán de verse poco después del anochecer ya que se pondrán por el horizonte Oeste en poco tiempo.

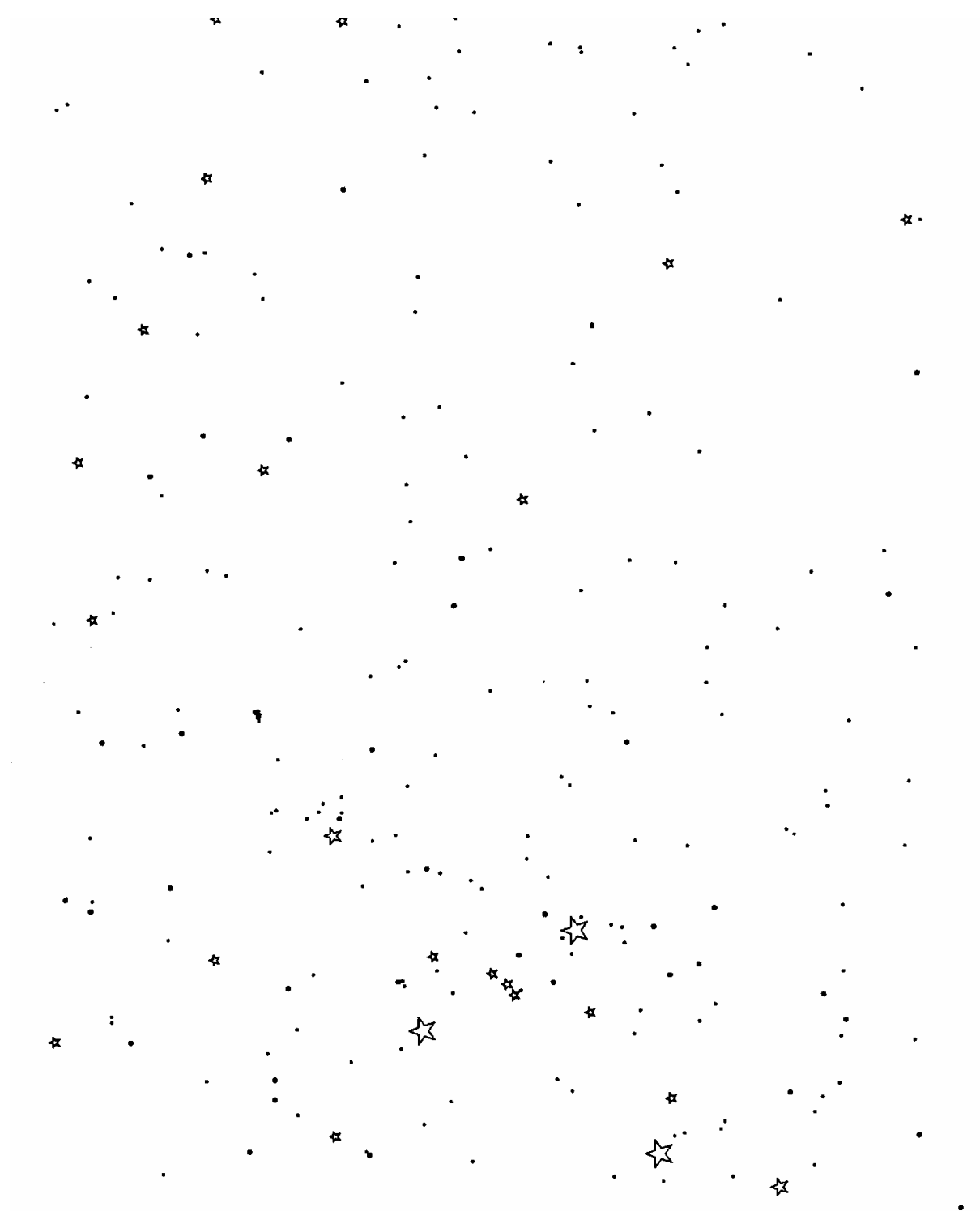
En V_1 y V_3 la elongación es nula. La Tierra, el Sol y el planeta están alineados. Se dice que el planeta está en **conjunción**. Cuando el planeta se halla entre el Sol y la Tierra, la conjunción es inferior. Cuando está al otro lado del Sol, la conjunción es superior.

Para un planeta exterior la situación es distinta ya que podemos verlo como se representa en la figura: El Sol a un lado de la Tierra y en posición opuesta el planeta. En esta situación se dice que el planeta se halla en **Oposición**.

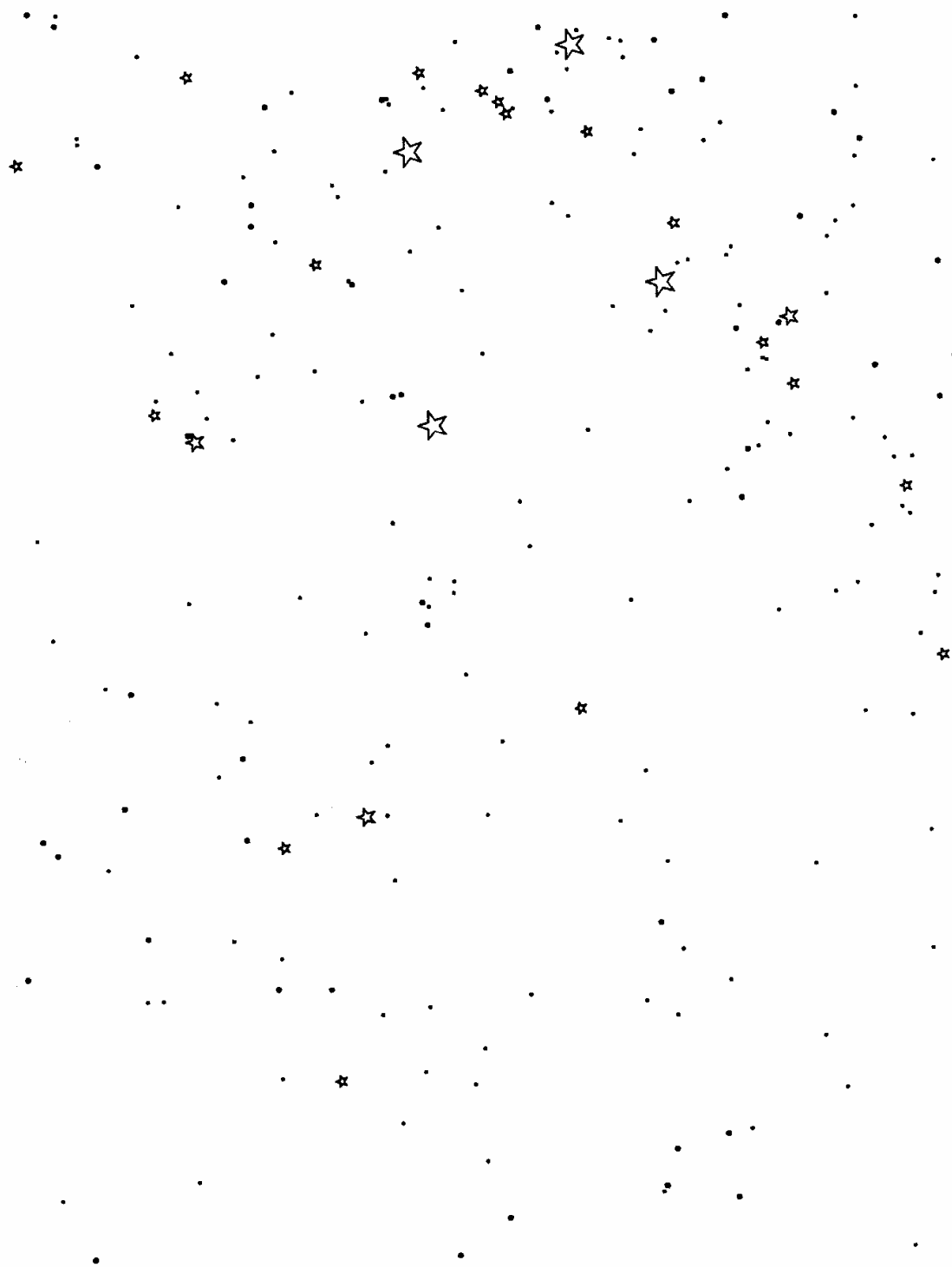
Volvamos a la fotografía en la que se observaban, junto a la Luna, Mercurio, Venus y Marte. Comprobad como Mercurio se halla muy cerca del Sol y Venus, cercano también, algo más separado. En cambio Marte más lejano en el cielo del Sol será visible, a diferencia de estos dos planetas, de noche cerrada.

EJERCICIOS

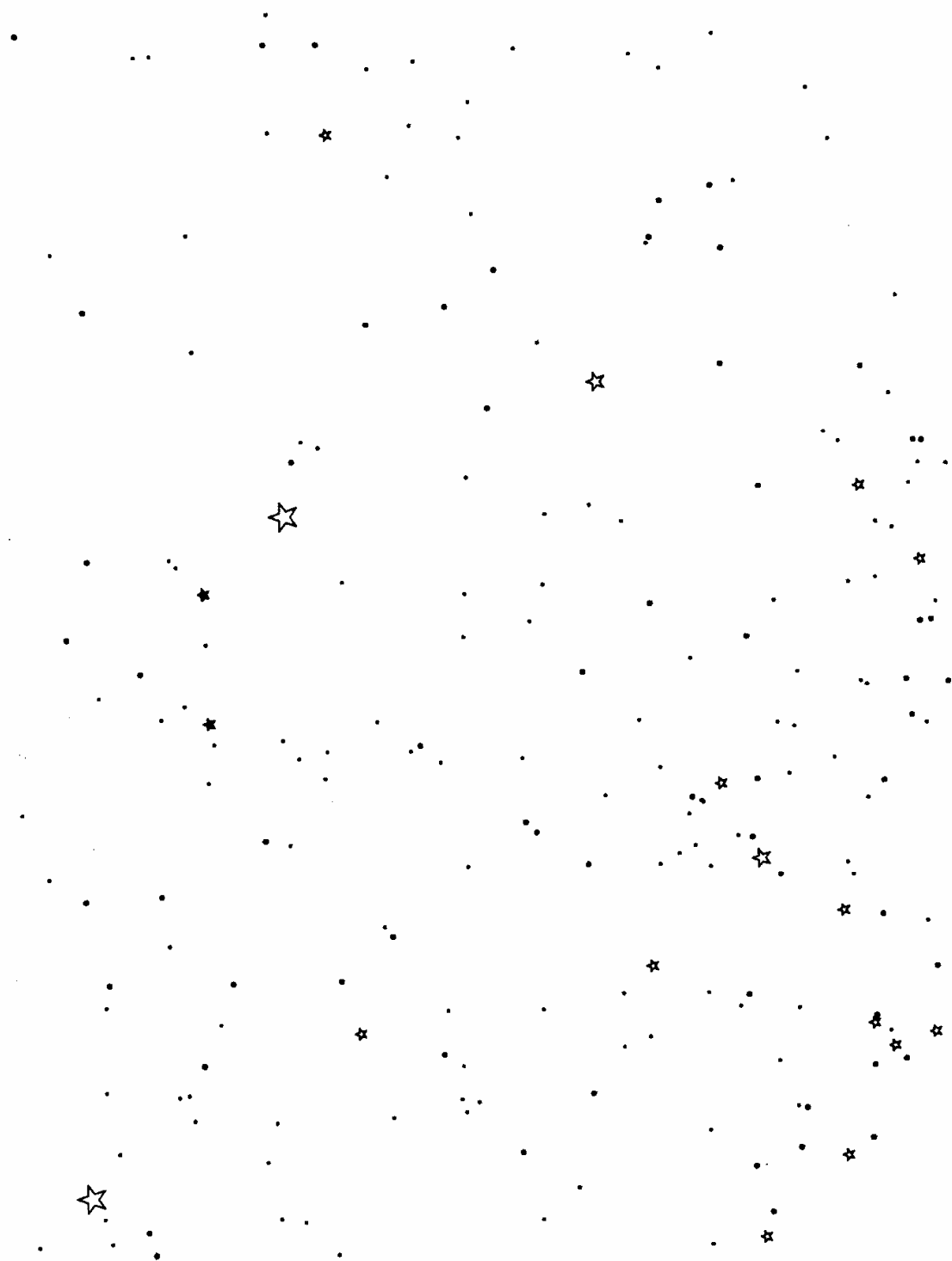
1. Repasa en el mapa mudo de otoño- invierno la constelación de Pegaso y Orión



2. Repasa en el mapa de invierno - primavera las constelaciones de Géminis y Leo



3. Repasa en el mapa de primavera - verano la constelación del Boyero:



USO DEL PLANISFERIO

4. Mira en tu planisferio el cielo del anochecer del último día del año (18 h. En horas solares). Escribe:

- A) constelación que acabe de aparecer por el Este B) Constelación que esté a punto de desaparecer por el Oeste C) Constelación que esté atravesando el meridiano

5. Indica para el 22 de agosto los siguientes datos:

- A) Constelación en la que se halla el Sol B) Hora oficial a la que sale el Sol C) Hora oficial a la que se pone el Sol D) Duración del Día.

PLANETAS

En la tabla inferior tienes algunos datos referidos a los planetas del sistema solar:

	Distancia al Sol (en millones de kms.)	Traslación (Duración del año) a = año d = día	Diámetro del Planeta (en kms.)
Mercurio	58	88 d	4.879
Venus	108	225 d	12.104
Tierra	150	1 a	12.756
Marte	228	1'88 a	6794
Júpiter	778	11,86 a	140.000
Saturno	1429'4	29'4 a	115.000
Urano	2875	84 a	50.000
Neptuno	4504'4	165 a	49.000
Plutón	5914	248 a	2.300

6. Calcula el tiempo que tardaríamos en viajar en distintos móviles a los siguientes planetas:

	Marte	Plutón
coche (120 Kms/h)		
Sonda espacial (50.000 kms/h)		

7. Suponiendo circular la órbita de los planetas, calcula la longitud de dichas órbitas (podéis distribuirlos los cálculos entre varios compañeros)

Mercurio		Saturno	
Venus		Urano	
Tierra		Neptuno	
Marte		Plutón	
Júpiter			

8. Calcula la velocidad de traslación de cada uno de estos planetas alrededor del Sol
(sigue repartiendo estos cálculos en un equipo)

Mercurio		Saturno	
Venus		Urano	
Tierra		Neptuno	
Marte		Plutón	
Júpiter			

9. ¿Encuentras que la velocidad de traslación de los planetas sigue alguna pauta?
¿Cual?

TRABAJOS DE TALLER

MODELO DE LA DISTANCIA DE LAS ESTRELLAS DE UNA CONSTELACIÓN

Las estrellas se encuentran tan lejos de nosotros que aparentemente parecen situarse en el mismo plano, como si lo que nosotros observáramos fuera la proyección de estas estrellas en una hipotética esfera celeste.

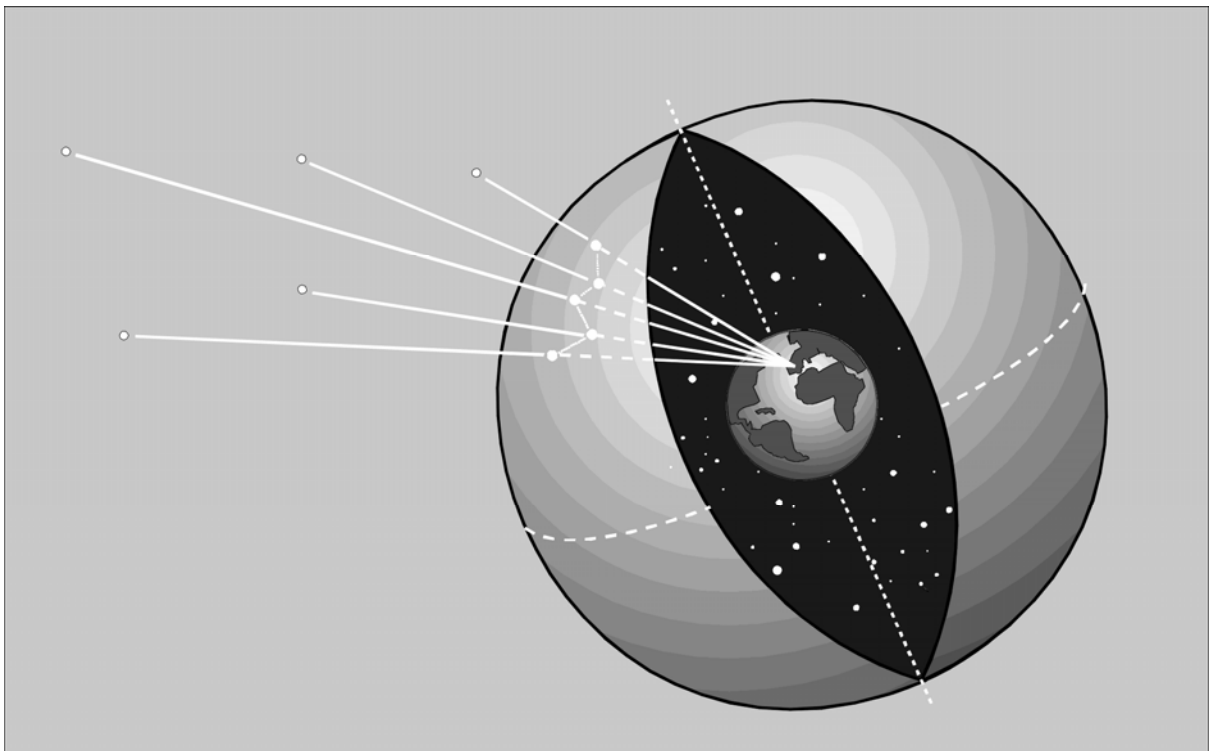


Fig. 54

Para comprender esto así como que el aspecto que tiene una constelación se debe tan solo a la posición que ocupamos en el espacio, puedes realizar el siguiente modelo.

Para su fabricación has de utilizar:

- ❑ Plancha de aglomerado de 50 x 30 cms.
- ❑ Dos láminas de contrachapado de 30 x30cms
- ❑ Una lámina de cartulina de 30 x 30 cms.
- ❑ Bolitas de corcho (aprox. de 1 cm de diámetro).
- ❑ Alambres
- ❑ Pegamento y pintura negra

CONSTRUCCIÓN

1º Construye una caja abierta como la de la figura 55. En la tabla delantera realiza un agujero de aproximadamente 1 cm de diámetro. Será el visor.

2º Dibuja la constelación de Casiopea de forma que ocupe un folio (prueba a tamaño doble o triple del de la figura 56). Pega la hoja en la parte posterior de la caja. Desde la base de cada línea vertical de las estrellas traza diagonales hasta la base del agujero visor (punto A).

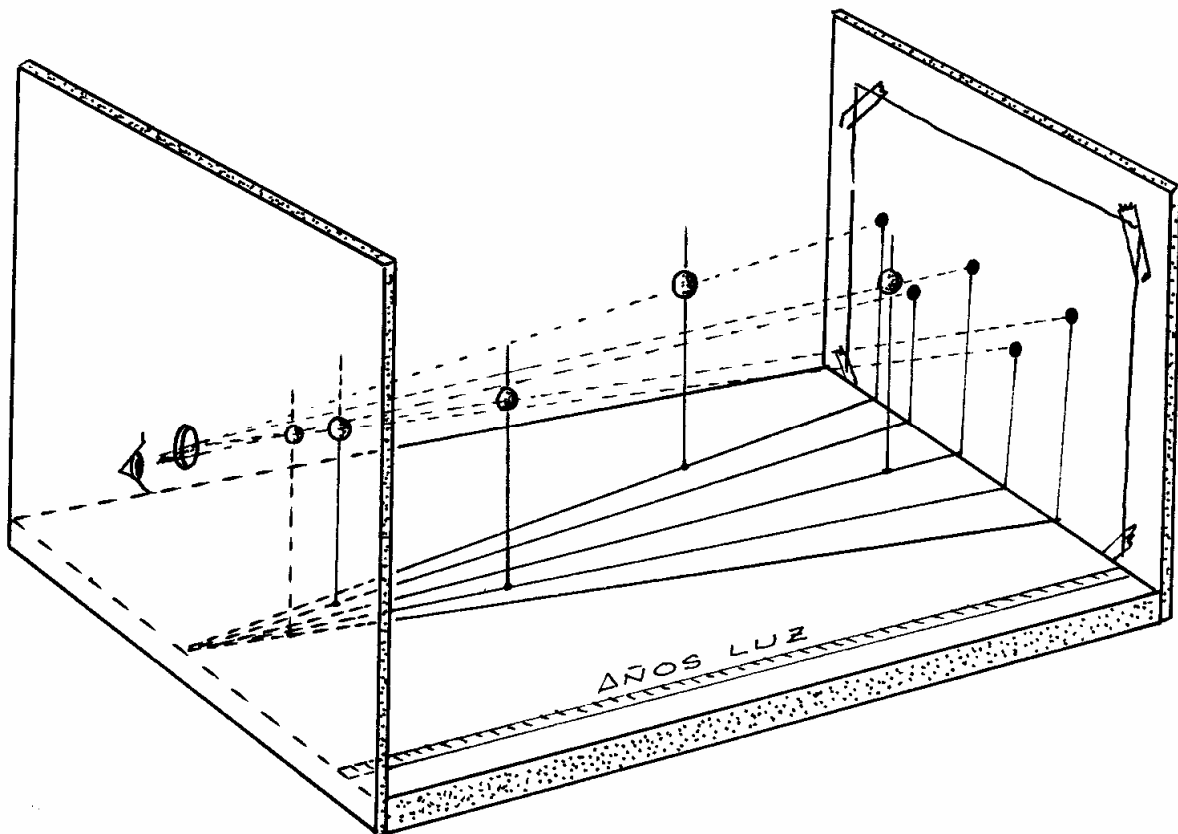


Fig. 55

3º En la figura inferior se muestra las distancias en años - luz de las estrellas de Casiopea a la Tierra. Utiliza la escala 1cm = 15 años luz para situar cada una de las estrellas. Agujerea la cara inferior con una broca fina en los sitios indicados para que puedas ajustar un alambre.

4º Pasa las bolas de corcho por los alambres y ponlas a la altura en la que desde el visor, la bola tape la estrella correspondiente.

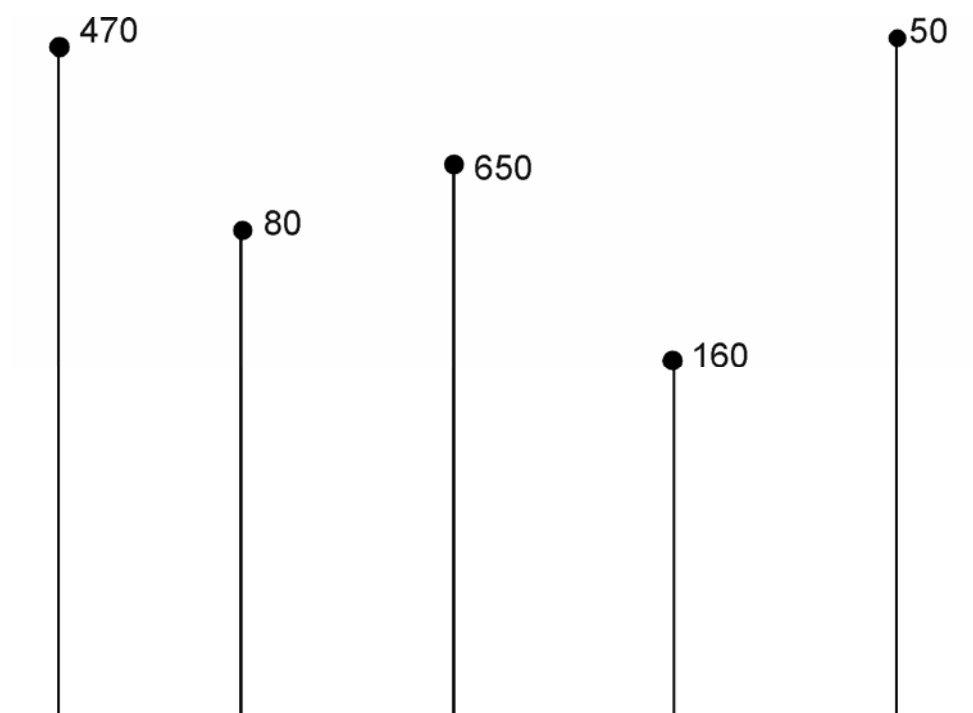
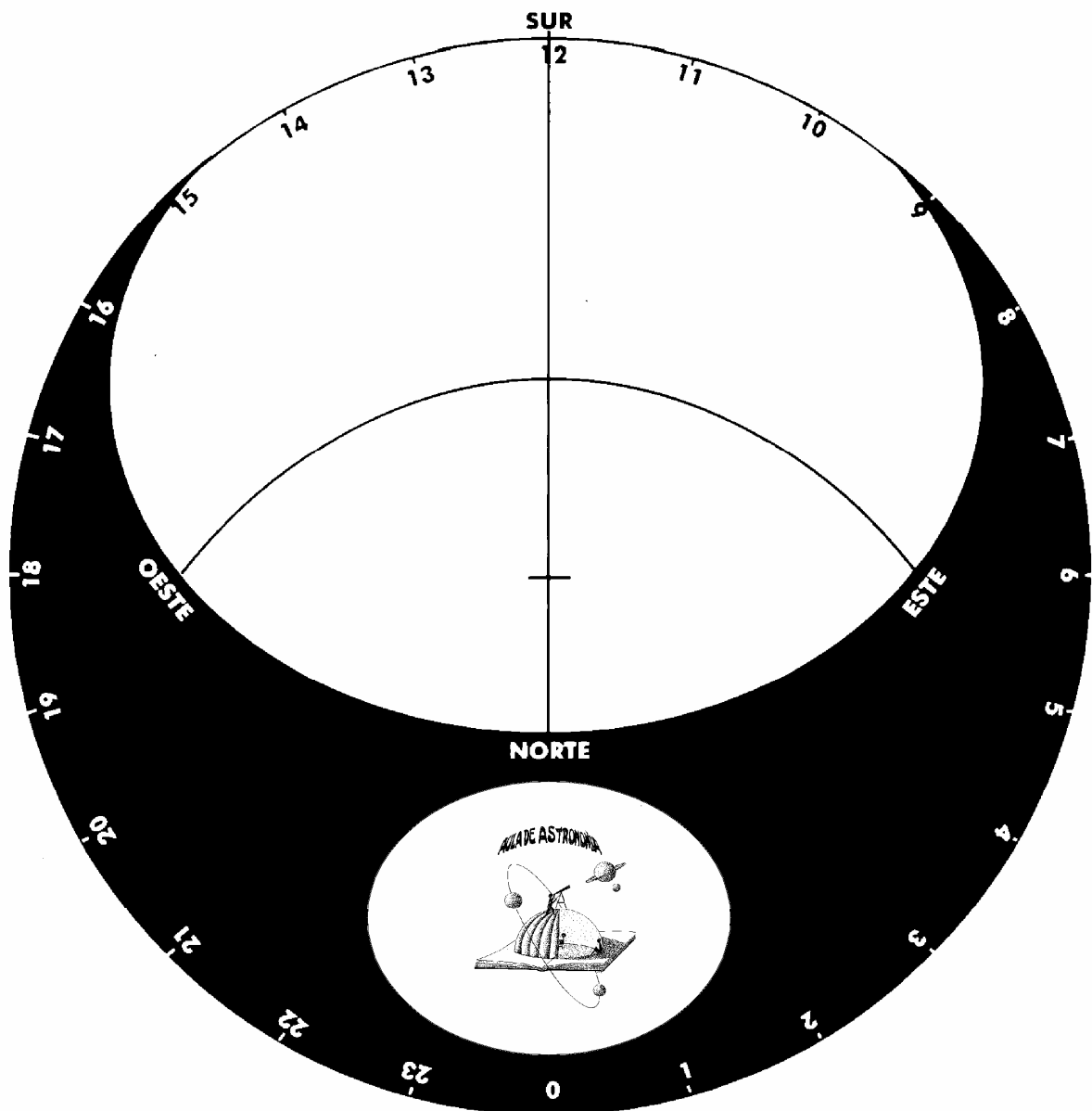
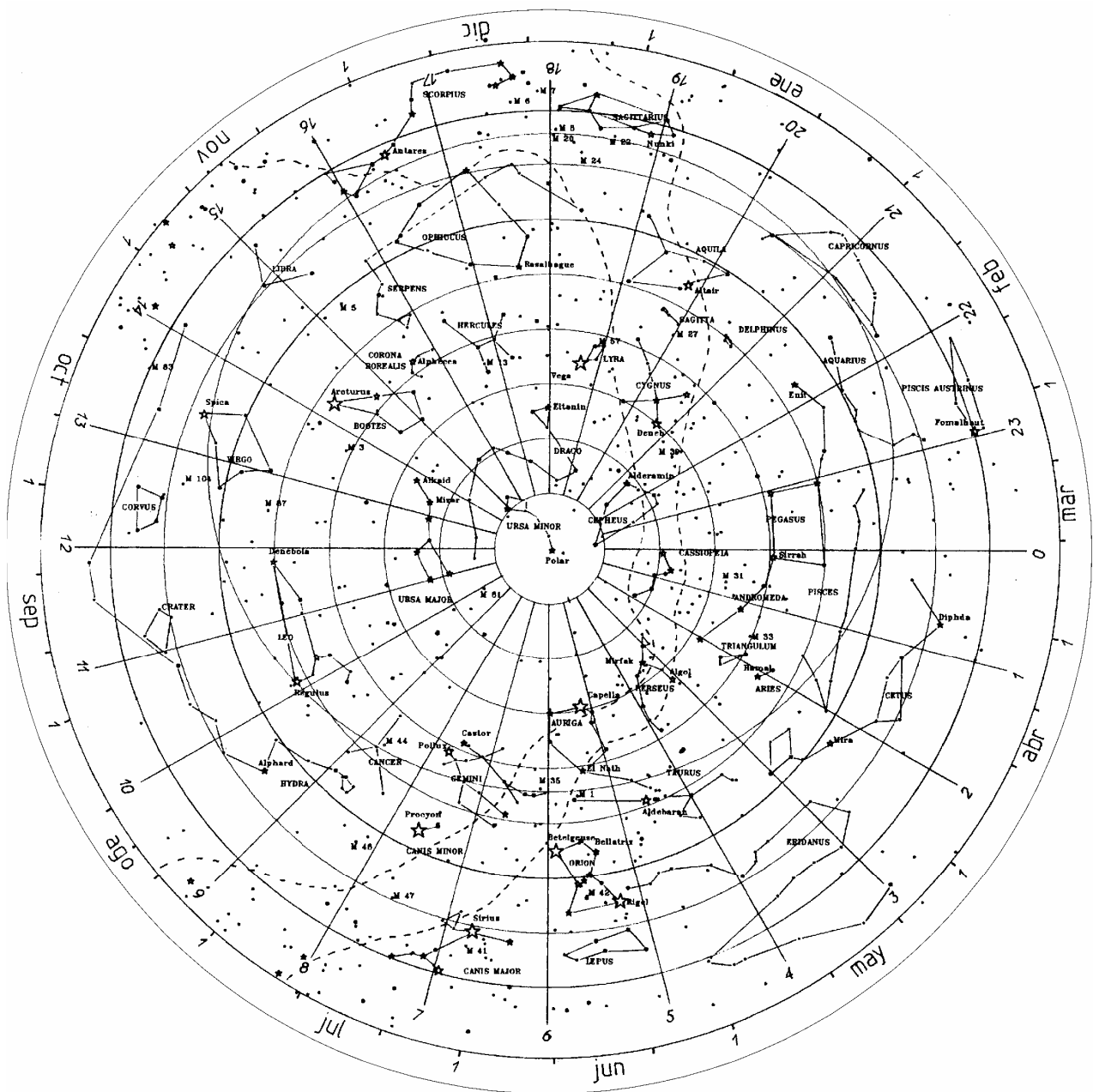


Figura 56

PLANISFERIO-CARETA DEL HORIZONTE



PLANISFERIO. MAPA DE ESTRELLAS



CONSTRUCCIÓN A ESCALA DE UN MURAL QUE REPRESENTA LAS DISTANCIAS EN EL SISTEMA SOLAR

Si para visualizar el sistema solar hubiera que cambiarle de escala y supusiéramos al Sol del tamaño de una manzana de 7 cms. de diámetro, Mercurio y Venus serían del tamaño de un grano de sal de 0'2 mms. de diámetro colocados a 2'5 y 5'5 metros de él. La Tierra, otro grano de sal estaría a 7'5 m. Marte, de la mitad del tamaño terrestre habría que colocarlo a 11'5 m. Júpiter y Saturno serían comparables a garbanzos colocados a 39 y 71'5 m. respectivamente. Urano y Neptuno serían granos de arroz colocados a 144 y 225 metros. Plutón volvería a ser un grano de sal ubicado a 296 m de la manzana.

Como ves parece imposible percibir en un solo vistazo las distancias y los tamaños existentes en el sistema solar. Por ello vas a colaborar en la realización de dos murales, uno que represente las distancias de los planetas al Sol y otro que compare los tamaños de los cuerpos que componen el sistema solar.

Comencemos por el mural que represente las distancias. Para ello necesitarás

- ❑ Un rollo de papel de embalar de 7 m. de longitud
- ❑ Rotuladores
- ❑ Regla graduada lo más larga posible

El mural lo haréis en un cartel de 14 metros por lo que cortaremos por la mitad longitudinalmente el rollo de papel de embalar obteniendo dos tiras de 7 m. cada una, que enlazadas, proporcionarán los 14 m. del mural. La escala que utilizareis será de 1cm por cada 5 millones de kilómetros. Aplícala a las distancias reales contenidas en la tabla ya vista en páginas anteriores:

	Distancia al Sol (en millones de kms.)	Distancia en el mural (en centímetros)
Mercurio	58	
Venus	108	
Tierra	150	
Marte	228	
Júpiter	778	
Saturno	1429'4	
Urano	2875	
Neptuno	4504'4	
Plutón	5914	

CONSTRUCCIÓN A ESCALA DE UN MURAL QUE REPRESENTE LOS DIÁMETROS DEL SISTEMA SOLAR

Necesitarás :

- ❑ Un rollo de papel de embalar de 1'5 m. de longitud.
- ❑ Rotuladores
- ❑ Regla graduada
- ❑ Compás

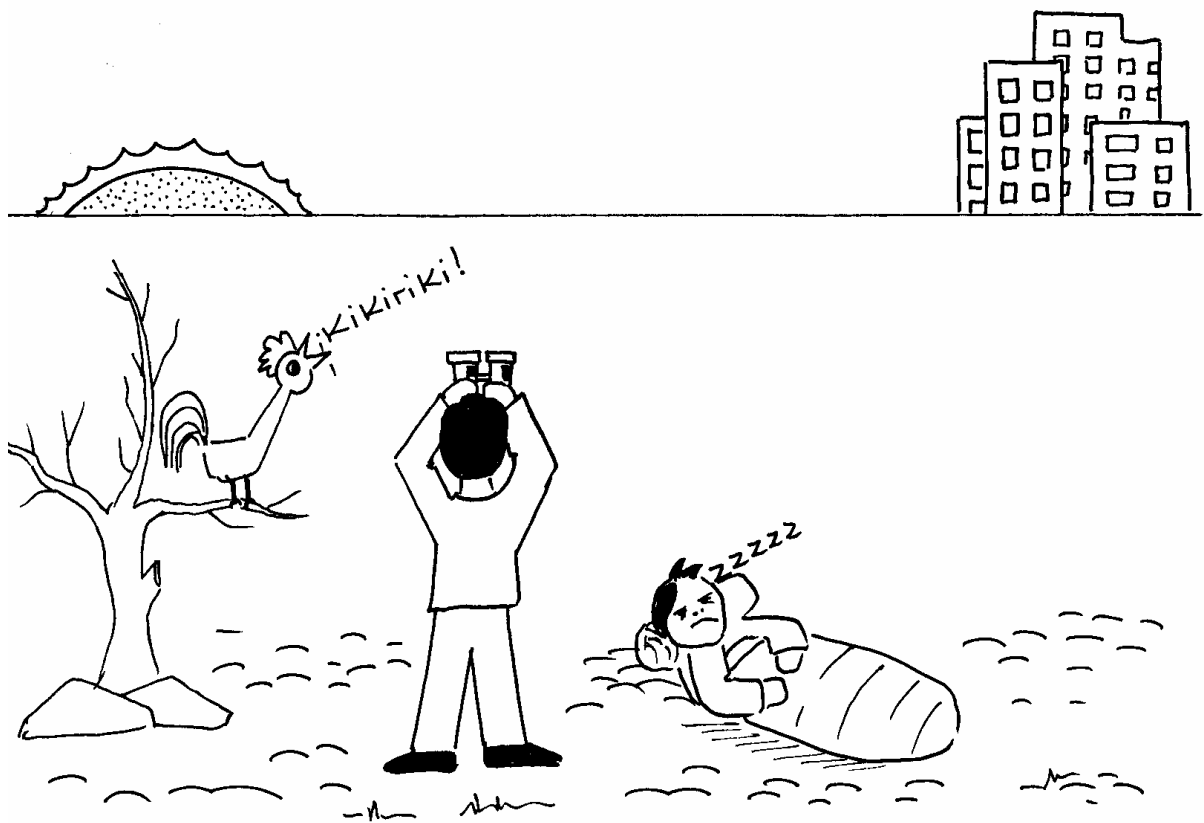
Cortaréis el rollo de papel de embalar por la mitad para empalmar posteriormente los dos trozos. Obtendréis un soporte de 3 metros para el mural.

La escala utilizada será de 1 cm. en el mural por 25.000 kms. en la realidad. Aplica esta escala a los diámetros reales:

	Diámetro real en Kms.	Diámetro en el mural en cms.
Sol	1.393.000	
Mercurio	4.879	
Venus	12.104	
Tierra	12.756	
Marte	6794	
Júpiter	140.000	
Saturno	115.000	
Urano	50.000	
Neptuno	49.000	
Plutón	2.300	

CAPÍTULO IV

EL CIELO AL FINAL DEL CREPÚSCULO MATUTINO

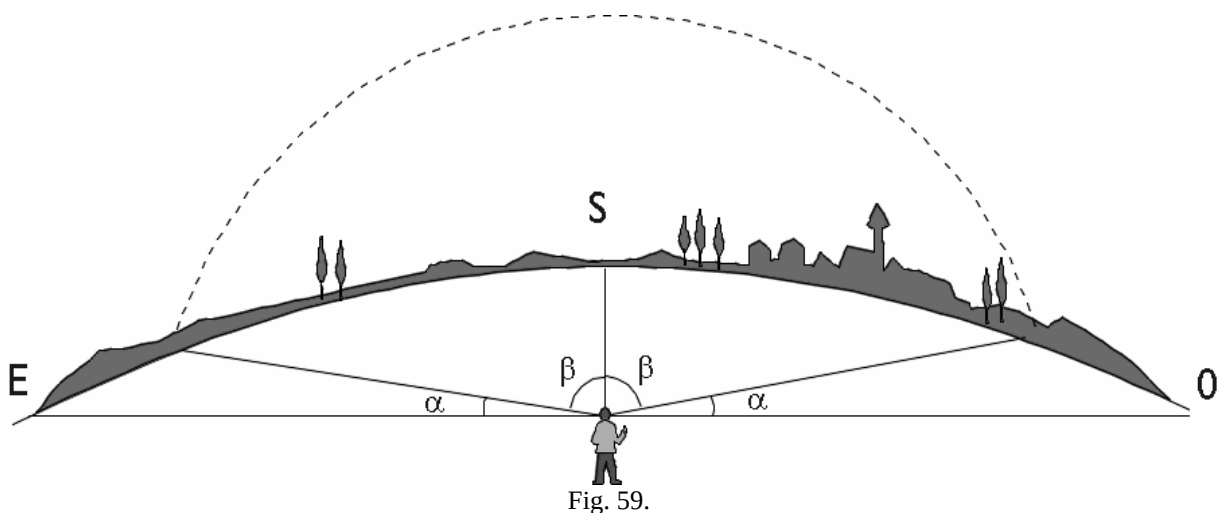


RECORRIDOS DEL SOL EN EL CIELO

En el hipotético recorrido del cielo en una noche de Noviembre, hemos llegado al momento en el que comienza a clarear. Las estrellas que al inicio de la noche comenzaban a levantarse por el Este, ahora están poniéndose por el Oeste. En su culminación se encuentran constelaciones que cuatro meses después serán visibles en los anocheceres del comienzo de la primavera.

A medida que el crepúsculo matutino avanza, la dispersión de la luz solar en la atmósfera, va cegando la visión de las estrellas. Poco antes de la salida del Sol sólo las de primera magnitud son visibles. Cuando el Sol sale cerca del horizonte Este, ni siquiera las estrellas más brillantes pueden ser observadas. En un día de mediados de Noviembre el Sol saldrá, como se muestra en la figura, al sur del este algo después de las 8 de la mañana. Por el contrario, algo antes de las 18'00 h. se pondrá al sur del Oeste. Ese día, al mediodía, alcanzará la máxima altura a unos 30° sobre el horizonte.

Todos tenéis la experiencia de percibir el Sol a distintas alturas en distintas épocas del año. ¿A que se debe este fenómeno? ¿Siempre sale y se pone el Sol por el mismo punto del horizonte?



La distancia angular del punto del horizonte por el que ha salido el Sol al Este es la misma que la que hay entre el punto por el que se ha puesto y el Oeste de forma que los puntos de salida y puesta del Sol se mantienen simétricos respecto al Sur.

Estas preguntas se contestan si entendemos la posición que en distintas épocas del año mantiene la Tierra con respecto al Sol:

LA TIERRA Y EL SOL

La Tierra gira alrededor del Sol describiendo un recorrido elíptico, casi circular. Al mismo tiempo gira sobre sí misma produciendo la sucesión de los días y las noches.

Ahora bien, el eje de rotación de la Tierra no es perpendicular a la órbita descrita sino que forma un ángulo de $66^{\circ}5'$. Esta inclinación, y el hecho de que el eje se mantenga paralelo durante la traslación explica las distintas posiciones del Sol en el cielo y como consecuencia las distintas estaciones.

Veamos paso a paso algunas de las consecuencias más notorias.

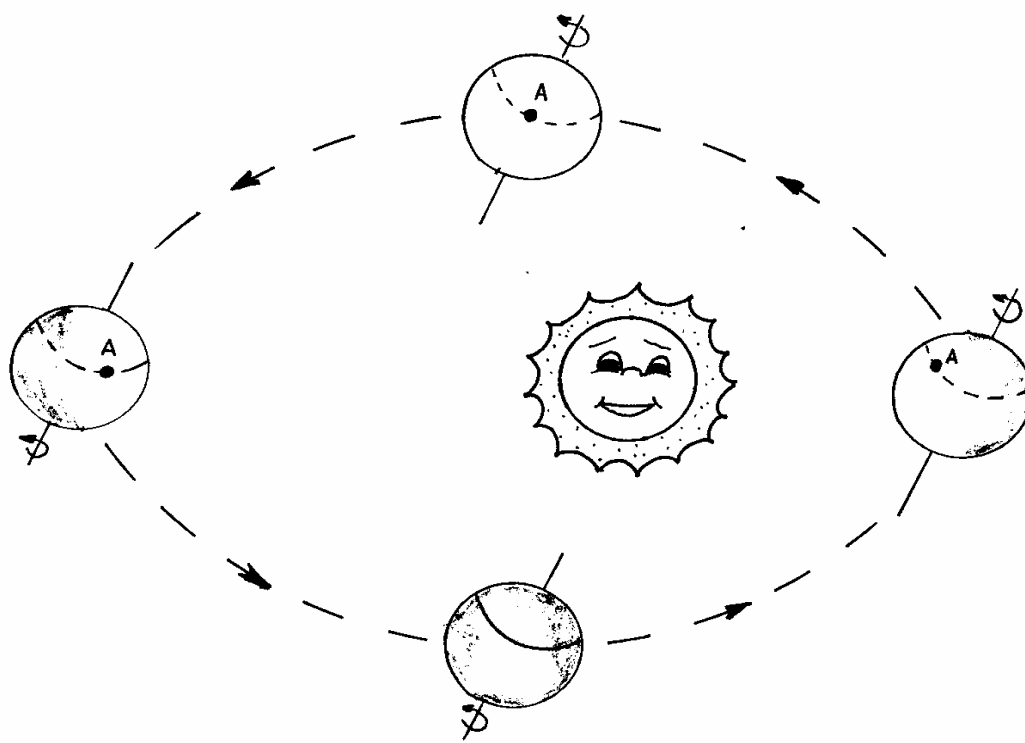


Fig.60

En las posiciones inferior y superior, el punto A recibe los rayos del Sol con una inclinación intermedia: son los equinoccios.

Cuando la Tierra se encuentra a la izquierda, el punto A recibe los rayos del Sol casi perpendicularmente: Es el solsticio de verano para dicho punto. Cuando la Tierra se encuentra a la derecha, ocurre lo contrario, recibe los rayos del Sol casi horizontalmente: es su solsticio de invierno.

ALTURA DEL SOL

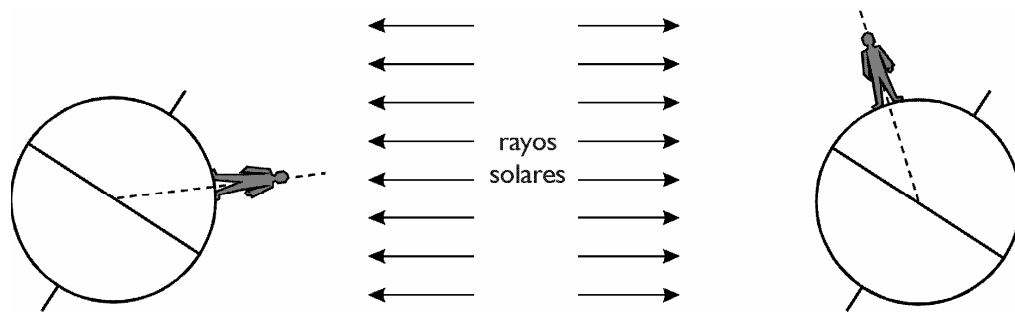


Fig. 61

Para ver esta diferencia, vamos a tomar dos momentos extremos para un observador situado en un punto de la superficie terrestre similar en latitud al nuestro: comienzo del verano (solsticio de verano) representado a la izquierda en la figura 61 y solsticio de invierno representado a la derecha.

En el solsticio de verano los rayos solares inciden sobre la cabeza del observador y, por tanto, se halla muy alto sobre el horizonte. En cambio, en el solsticio de invierno el Sol se encuentra a la altura de los ojos, muy bajo en el horizonte.

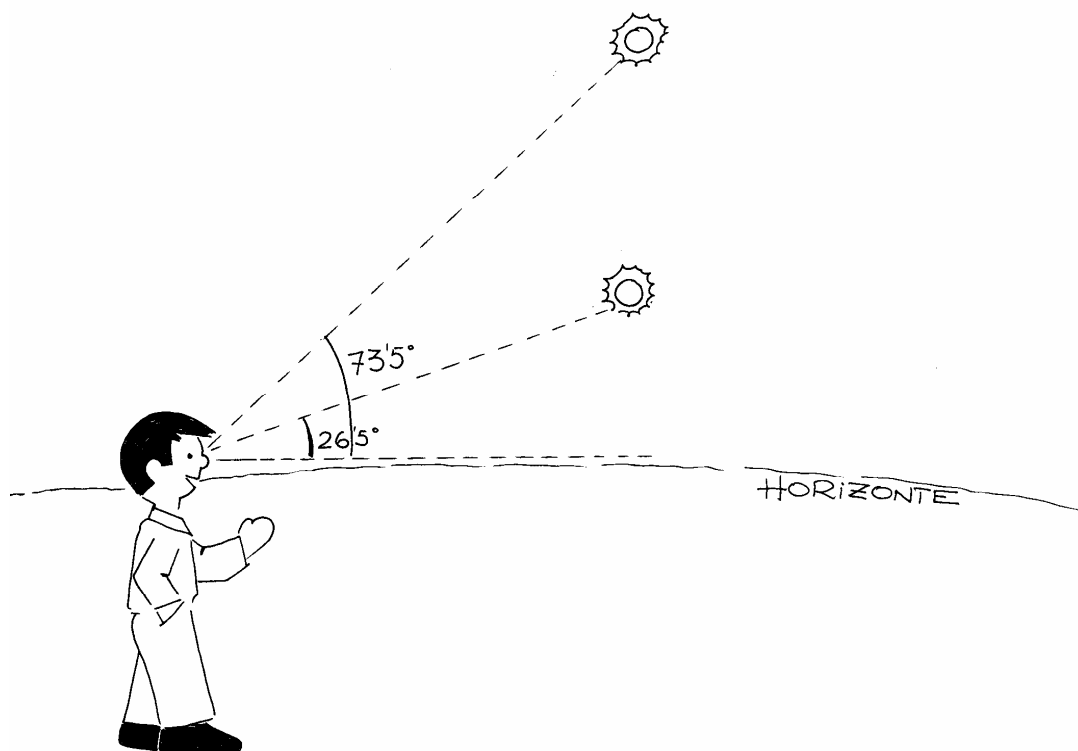


Fig. 62

En la figura tenéis la diferencia de altura que este observador aprecia en el Sol en ambos solsticios.

En los equinoccios los rayos del Sol inciden con una inclinación intermedia

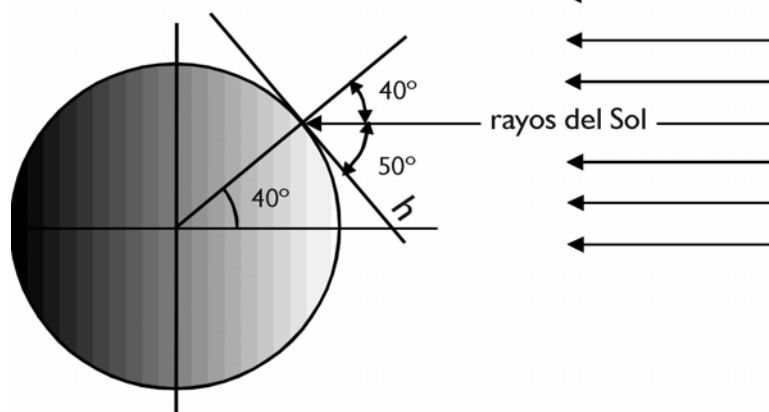


Fig. 63

EQUINOCCIOS

El sol incide perpendicular al eje de rotación terrestre. La altura que el Sol alcanza sobre el horizonte viene representada por el ángulo 50° . Como los ángulos formados en dos paralelas por una secante son iguales, el ángulo que forman los rayos del Sol sobre la vertical del lugar es igual al ángulo de la latitud. Por tanto:

$$\alpha = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$$

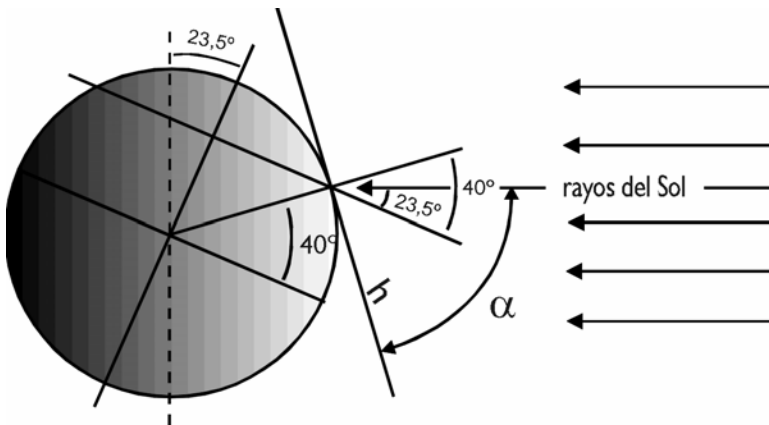


Fig. 64

SOLSTICIO DE VERANO

En este momento el eje terrestre apunta hacia el Sol alejándose $23'5''$ de la perpendicularidad. Ahora el ángulo α buscado adquiere el siguiente valor:

$$\alpha = 90^\circ - (40^\circ - 23'5'')$$

$$\alpha = 73'5''$$

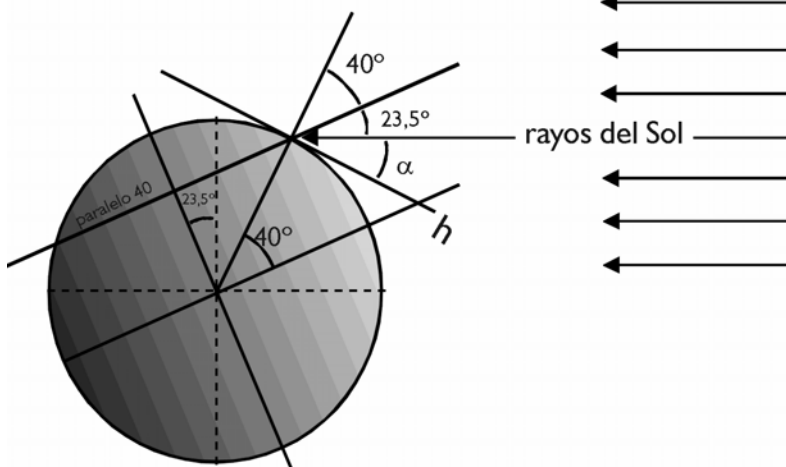


Fig. 65

SOLSTICIO DE INVIERNO

En este momento, el eje de rotación se aleja del Sol. Por tanto el ángulo α buscado adquirirá el valor:

$$\alpha = 90^\circ - (40^\circ + 23'5'');$$

$$\alpha = 26'5''$$

DURACIÓN DEL DÍA Y LA NOCHE

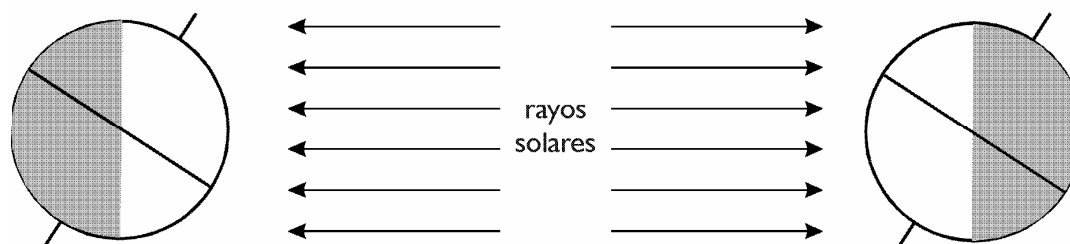


Fig.66

Como puedes ver por el dibujo superior, el Sol ilumina media esfera terrestre. No obstante, la Tierra gira con una inclinación de $66^{\circ}5'$ sobre su órbita lo que origina que en la mitad norte de la Tierra, en el solsticio de invierno haya más porción en sombra que iluminada y, por tanto, en este periodo la noche sea más larga que el día. Lo contrario sucede en la mitad Sur.

En el solsticio de verano ocurre el fenómeno contrario. Observa como en el dibujo de la derecha en el Polo Norte es de noche durante las 24 horas del día y en el Polo Sur de día durante el mismo periodo. Lo contrario sucede en el dibujo de la izquierda.

LAS SOMBRAS PRODUCIDAS POR EL SOL

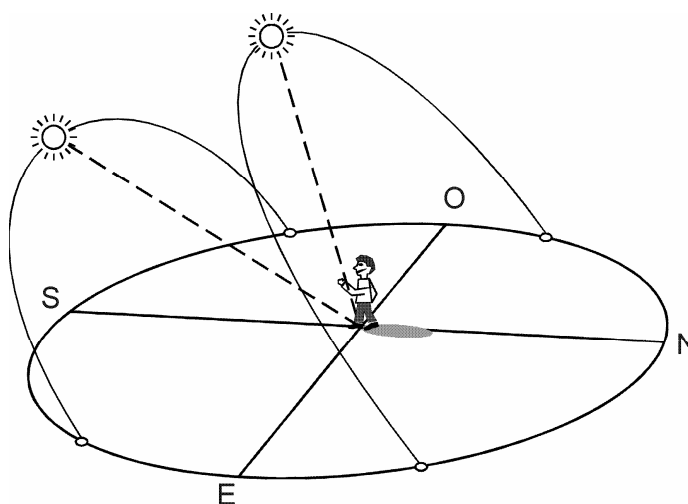


Fig. 67

Los movimientos de nuestro planeta explican en su relación con el Sol los cambios más significativos de la Tierra (día/noche, y las estaciones). Estos movimientos producen la apariencia de que el Sol se mueve en el cielo, no sólo a lo largo de un día sino también a lo largo de un año con la consiguiente variación en las sombras que el Sol arroja sobre un objeto estático en un punto de la superficie en distintos momentos del día y del año.

TOMA DE DATOS EN UN GNOMON

La mayor parte de los conceptos trabajados respecto al movimiento del Sol pueden ser comprobados a partir de las sombras que en una barra vertical arroja el Sol sobre un plano horizontal (*gnomon*).

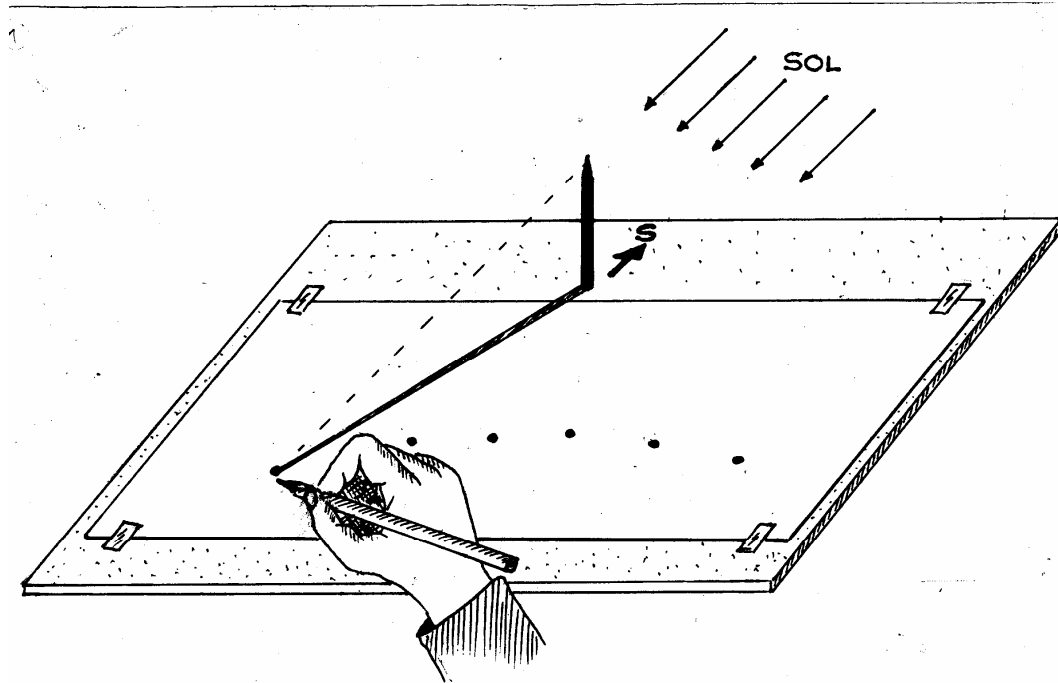


Fig. 68

La construcción de un gnomon es un trabajo de taller. No obstante la importancia de los datos que podemos obtener a partir de este sencillo instrumento aconseja su fabricación como paso previo a la realización de otras actividades y ejercicios.

FABRICACIÓN

El gnomon es un instrumento muy sencillo consistente en una barra vertical cuya sombra se anota periódicamente en un plano horizontal.

Necesitaremos una tabla con unas medidas aproximadas de 120 x 80 cms. y una barra de 10 cms. de longitud lo más puntiaguda posible. Cubrimos la tabla con papel continuo o cartulina.

Colocamos el gnomon en el patio teniendo en cuenta dos cosas:

- Que el lugar elegido sea fijo durante todo el día. Procurad para ello que nadie pueda moverlo en ese intervalo.
- Que la barra vertical esté orientada al Sur.

Cada media hora registraremos la sombra arrojada por la barra punteando el

extremo de la sombra como se indica en el dibujo de la página anterior. Junto al punto dibujado, anotaremos la hora en la que se ha hecho la observación.

Al finalizar la toma de datos, une los puntos con una línea (camino que ha seguido el Sol en el cielo).

EXPERIENCIA : CÁLCULO DEL NORTE Y DEL SUR

Con la curva obtenida en el gnomon y con éste en el lugar del patio donde hemos realizado las anotaciones, anuda una cuerda a la barra del gnomon y ayudado de una tiza o lápiz anota dos puntos simétricos en la curva A y B, según el dibujo.

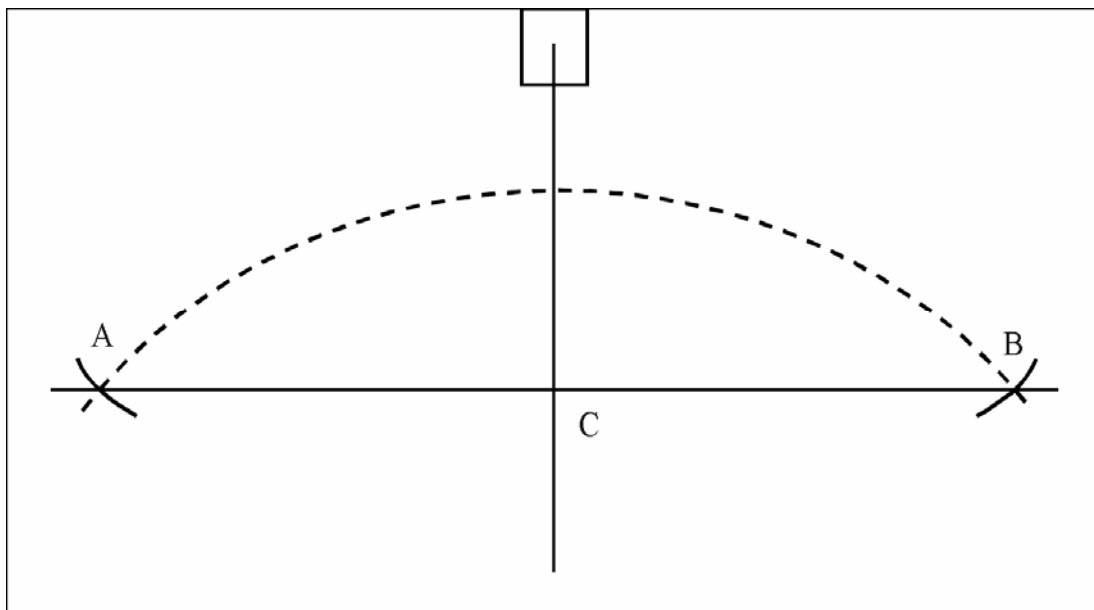


Fig. 69

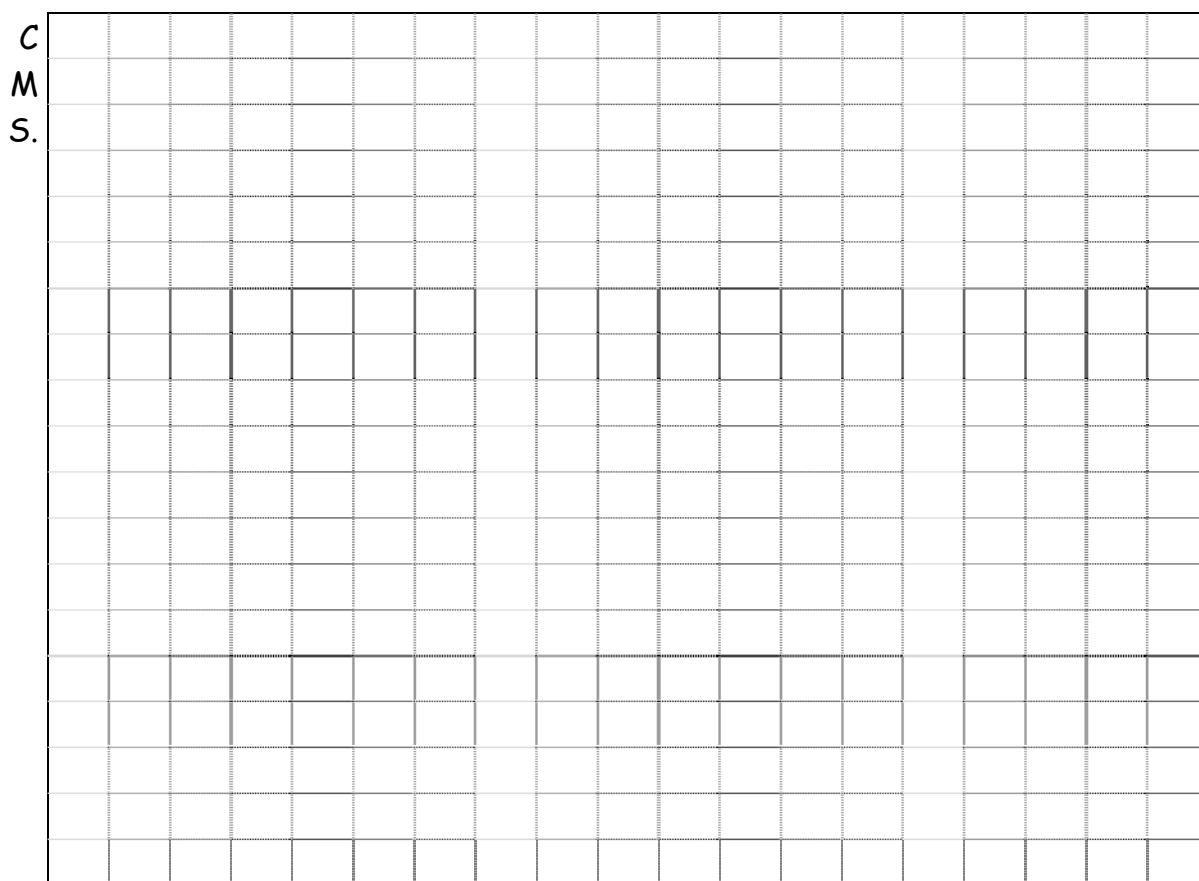
Halla con una regla el punto medio del segmento AB y une con una recta este punto con la base de la barra vertical. Esa línea, **LLAMADA LÍNEA MERIDIANA** es la que marca el Sur hacia la base del gnomon y el Norte en el sentido contrario.

EJERCICIOS

1º Mide con una regla la longitud de la sombra en cada hora anotada (distancia entre la base de la barra vertical y el punto anotado) y rellena la tabla:

Horas														
Cms.														

2º Representa en un gráfico las longitudes en función del tiempo en los siguientes ejes:



HORAS

3° Interpreta la función resultante:

- El mediodía solar corresponde al momento en el que el Sol está más alto y, por tanto, la sombra arrojada sobre el gnomon es más corta. ¿A que hora oficial se produce el mediodía solar?

- Calcula las longitudes de la sombra que habríamos obtenido a las siguientes horas:

9'15 h.

11'30

17'00

4° Calcula con la sombra del gnomon la altura de tu colegio. Para ello tendrás que utilizar la propiedad de los triángulos semejantes.

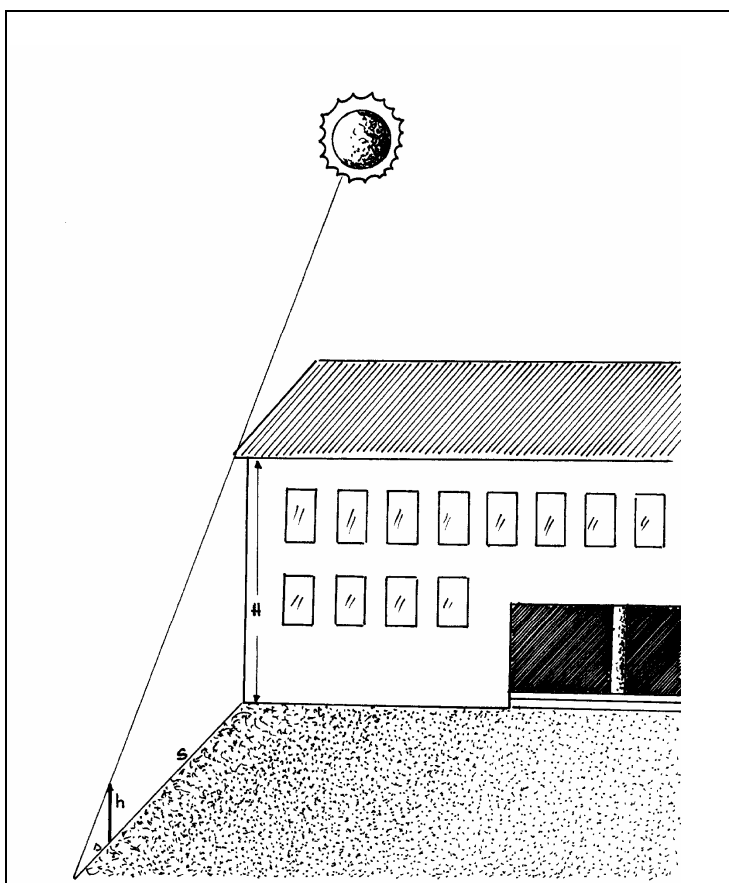
Observa el dibujo:

H es la altura del edificio que quieres calcular.

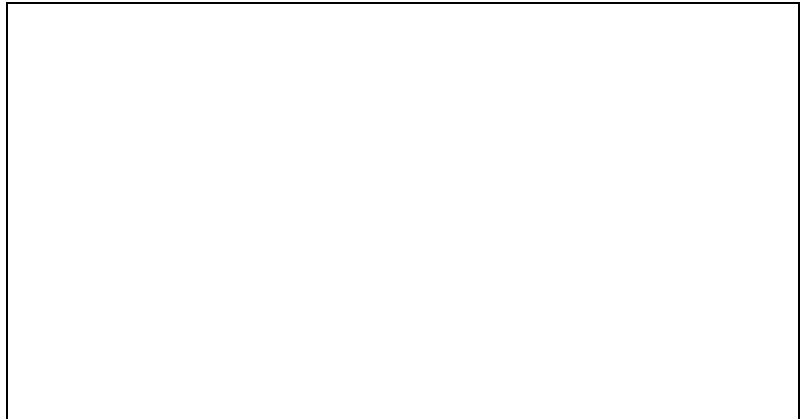
h es la altura de la barra vertical del gnomon. En tu caso mide: _____

S es la sombra del edificio. Mide: _____

s es la sombra arrojada por la varilla en el gnomon. Mide : _____



Establece la proporción
y calcula la altura
solicitada:



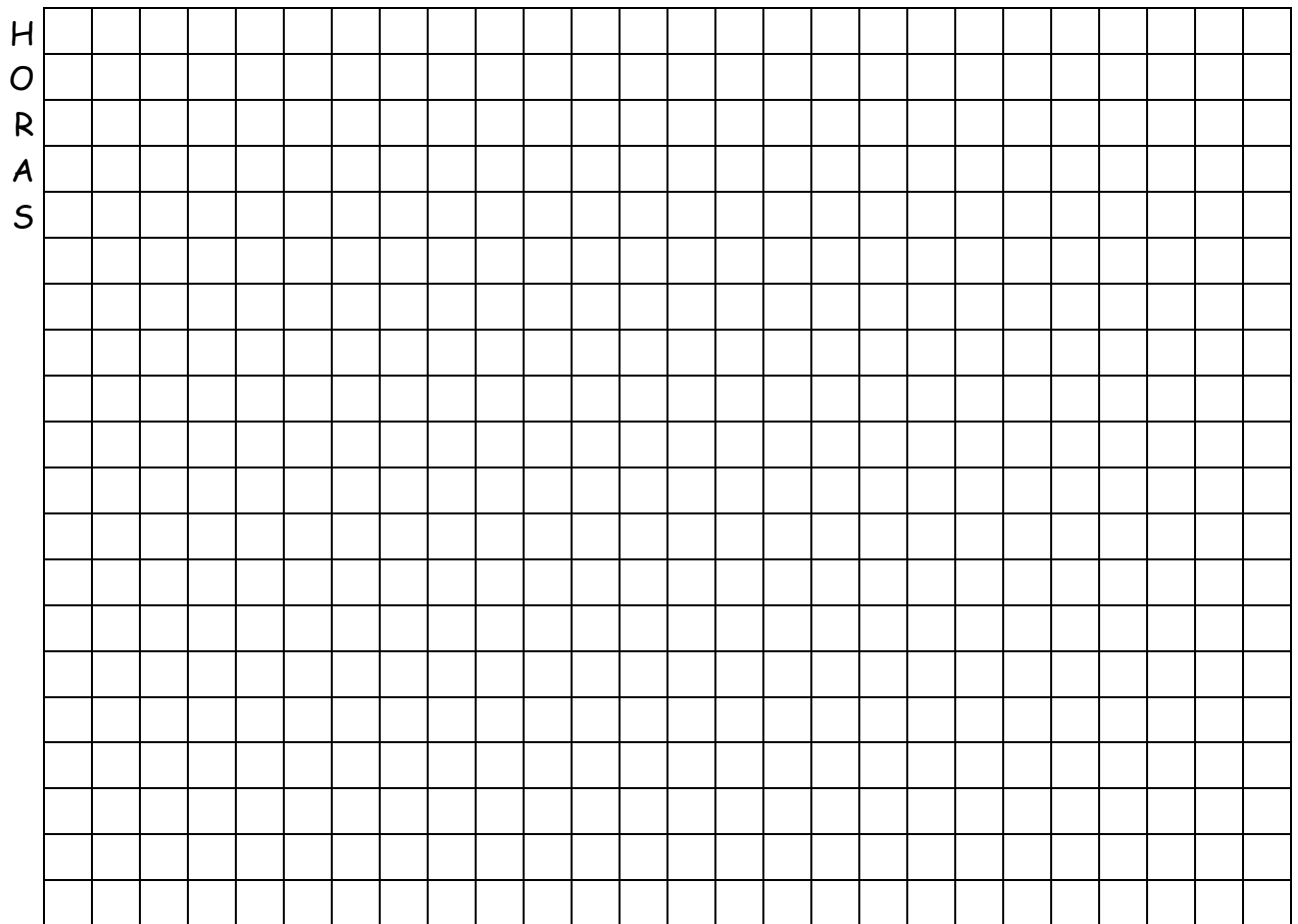
5°. La sombra anotada en el gnomon también nos servirá para calcular la altura del Sol en un momento dado. Vas a calcular su máxima altura (que, como sabes, se produce al mediodía) en el día en el que has registrado sus sombras. Para ello sigue los siguientes pasos:

- Dibuja una línea vertical de la misma longitud que la varilla del gnomon.
- Dibuja en la base de la anterior línea otra de la misma longitud que la sombra arrojada por esta varilla a la hora del mediodía.
- Une los extremos de ambas líneas y mide el ángulo formado sobre el horizonte con un transportador. ESA ES LA ALTURA DEL SOL AL MEDIODÍA EN LA FECHA DE LA MEDICIÓN.

En la tabla siguiente tienes los datos de un año referidos al Sol

DÍA	ALTURA DEL SOL MEDIODÍA	SALIDA SOL		PUESTA SOL		Duración Día	
		H	m	H	m	H	m
1-enero	27°	7	38	16	58		
16-enero	29°	7	35	17	13		
31-enero	32°	7	25	17	30		
15-febrero	37°	7	9	17	48		
2-marzo	42°	6	46	18	7		
17-marzo	48°	6	22	18	23		
1-abril	54°	5	58	18	39		
16-abril	60°	5	34	18	54		
1-mayo	65°	5	13	19	10		
16-mayo	69°	4	57	19	25		
31-mayo	71°	4	47	19	37		
15-junio	73°	4	44	19	46		
30-junio	73°	4	48	19	49		
15-julio	71°	4	57	19	43		
30-julio	68°	5	10	19	31		
14-agosto	64°	5	25	19	13		
29-agosto	59°	5	29	18	51		
13-setiembre	54°	5	54	18	27		
28-setiembre	48°	6	8	18	2		
13-octubre	42°	6	24	17	38		
28-octubre	37°	6	40	17	16		
12-noviembre	32°	6	57	17	0		
27-noviembre	29°	7	14	16	50		
12-diciembre	27°7	7	28	16	48		
27-diciembre	26°	7	37	16	55		

6°. Representa en los ejes de coordenadas la función "salida del Sol" en rojo. La función "puesta del Sol" en azul y la función "Duración del día" en negro. Para ello representa en el eje vertical las horas y en el horizontal los días.



DÍAS

Contesta:

-¿En Que día del año hay más horas de luz?

- ¿Cómo se llama ese día?.....

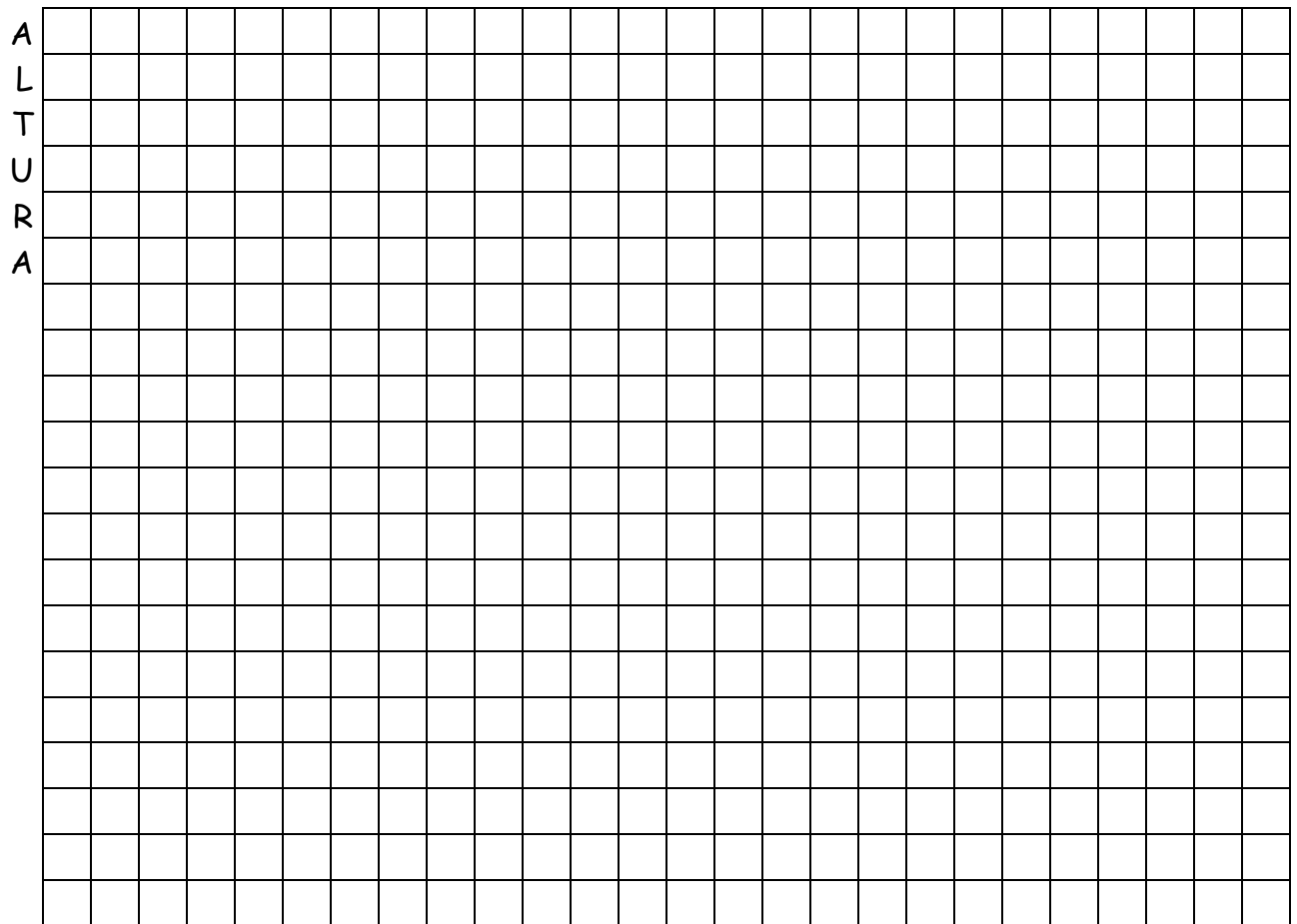
- ¿ Que día del año es el más corto?.....

- ¿ Cómo se llama ese día?.....

- ¿ Que días tienen las mismas horas de día que de noche?.....

- ¿Cómo se llaman esos días?.....

7°. Representa la función "Altura del Sol en el mediodía - meses del año". Representa para ello los días en el eje horizontal y las alturas en el vertical.



D Í A S

Contesta:

- ¿Que día alcanza el Sol su máxima altura?.....

- ¿Cómo se llama ese día?.....

- ¿Que día alcanza el Sol su mínima altura?

- ¿Cómo se llama ese día?.....

8°. Cálculo del diámetro solar. Lo puedes realizar de tres formas similares ya que las tres se basan en un cálculo de semejanzas de triángulos:

A) Interpón una moneda de 500 pts. entre el disco solar y el ojo de forma que aquella coincida exactamente con el disco solar tal y como se representa en la figura. Protégete para esta experiencia con un trozo de película velada o cristal de soldadura.

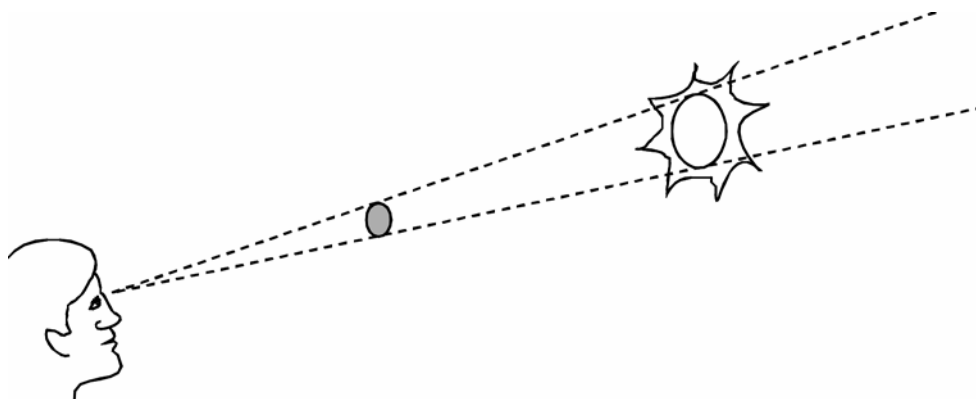


Fig.71.1

B) Coloca en los cristales de clase dos tiras de celo paralelas y sitúate de forma que el disco solar sea tangente a ambas tiras:

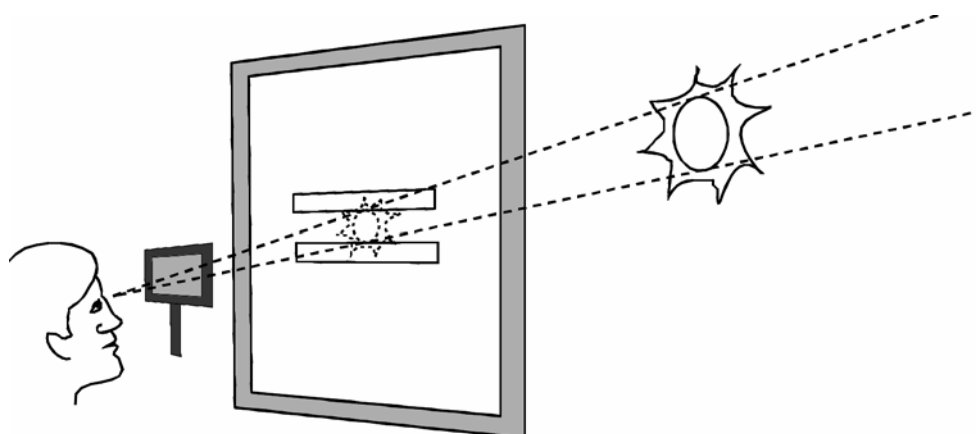


Fig.71 - .2

C) Confecciona un tubo solar. Necesitas un tubo cilíndrico lo más largo posible (longitud mínima recomendada, 1,25 m.) Similar a los que se utilizan para confeccionar los rollos de papel continuo o telas. Cierra un extremo con cartulina negra. En el centro de esta cartulina practica un agujero con un alfiler. Cierra el otro extremo con papel cebolla y cúbrelo con una bolsa de basura negra, con objeto de poder ver la proyección del rayo de Sol sobre el papel cebolla sin deslumbramientos. Mide el diámetro de la proyección solar.

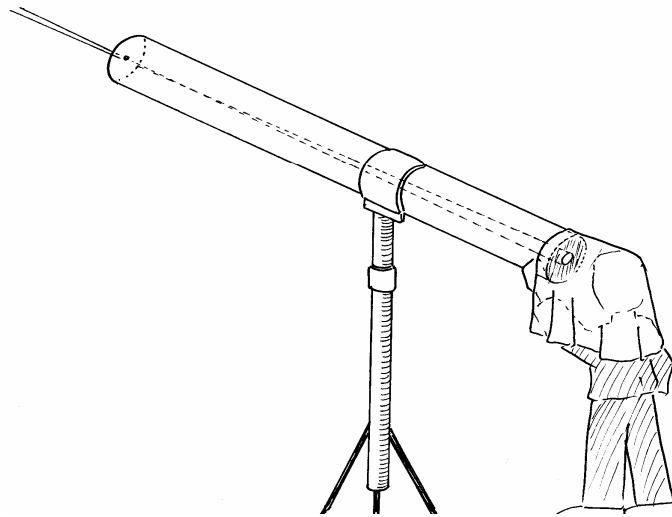


Fig. 71-3

Podéis repartiros los métodos entre los miembros de un equipo y promediar los resultados.

En los tres casos nos encontramos ante un problema de triángulos semejantes.

Fíjate en el dibujo:

Resuelve la proporción:

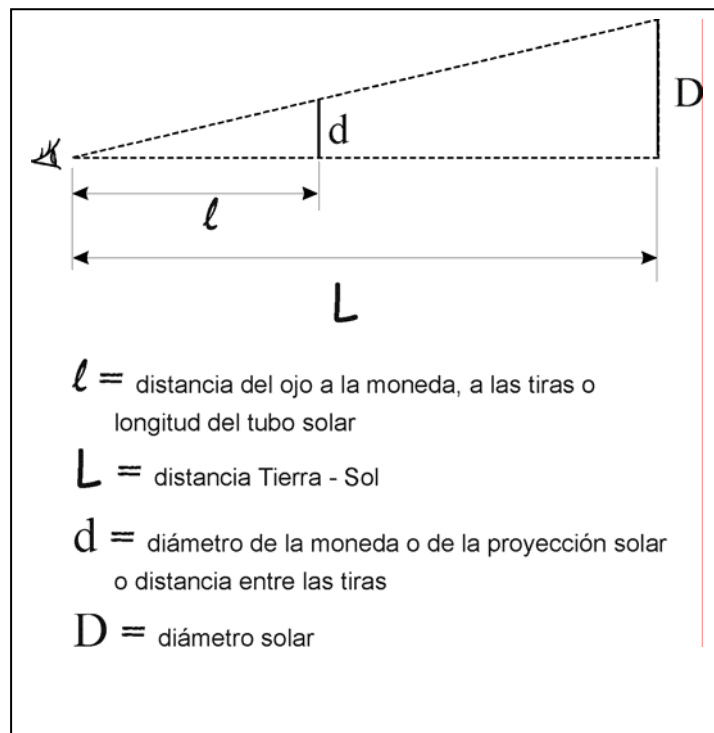


Fig. 72

TRABAJO DE TALLER

CONSTRUCCIÓN DE UN RELOJ DE SOL ANULAR

MATERIAL:

- Una pieza de madera de aglomerado de 15 X 15 cms. Y de 19 mm. de espesor.
- Un anillo de PVC (tubo de fontanero) de unos 11 cms. de diámetro.
- Un tornillo para madera.
- Un tornillo con tuerca
- 20 cms. de hilo de cobre.
- Serrucho, taladradora, regla, lápiz, transportador, etc.

CONSTRUCCIÓN

1º. De la pieza de PVC cortamos un anillo de unos 2 cms. de ancho. Puedes valerte para dibujar el anillo en la pieza del extremo ensanchado que el varal de pvc trae.

2º. Corta en dos mitades el anillo obtenido.

3º. En uno de los semianillos marca un punto en el centro a 90° y otro a 40° del anterior. Haz un agujerito en cada uno de ellos con el fin de que los tornillos entren en ellos.

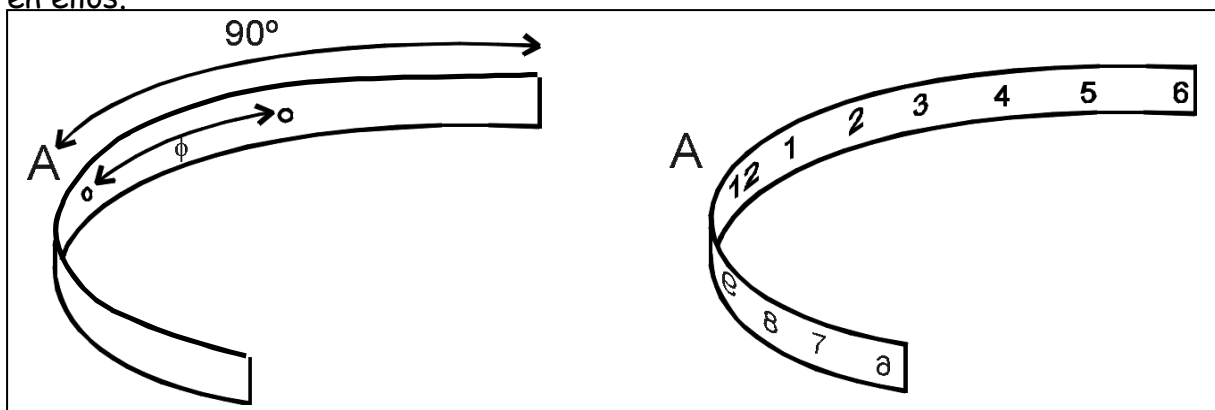


Fig. 73

4º. En el otro semianillo señala un punto justo en el centro, a 90° . Coloca una tira de papel sobre el semianillo y corta la longitud del mismo. Divide en doce partes dicha tira de papel y señala las líneas horarias como se indica en las figuras.

5°. Une por el centro con el tornillo con tuerca ambos semianillos de forma que queden perpendiculares.

6°. En la pieza de madera, la base, traza una línea recta en mitad. Señala el punto central. Une los dos semianillos al punto central de la base por el punto colocado a 40° del punto central.

7°. Coloca con pegamento o tornillos el hilo de cobre entre los dos extremos del semianillo soporte.

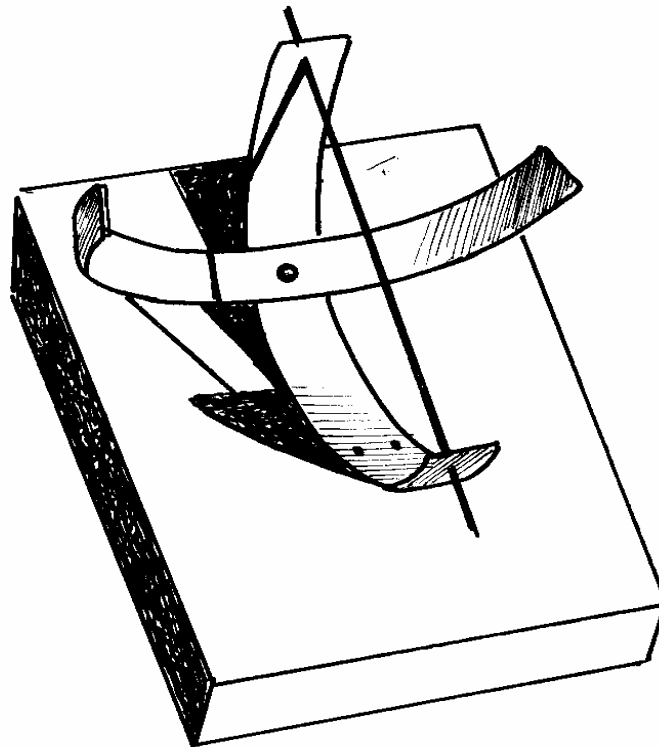


Fig. 74

UTILIZACIÓN

Para utilizar el reloj es preciso orientarlo de manera que la parte alta del hilo de cobre apunte hacia el Norte.

Una vez orientado, la posición de la sombra del hilo sobre el semianillo en el que están marcadas las líneas horarias (limbo) indicará la hora solar verdadera. Esta hora difiere de la oficial debido a la longitud geográfica (como ya has podido comprobar por la anotación del mediodía solar en el gnomon), al adelanto legal de una o dos horas y a la llamada "ecuación de tiempo" consecuencia de la inclinación del eje de la Tierra con respecto a su órbita y de la forma elíptica de ésta.

Para conocer la hora oficial a partir de la que marca el reloj de Sol es preciso entonces hacer las siguientes correcciones:

(A) Longitud geográfica: añadir los minutos obtenidos en las medidas del gnomon

(B) Añadir una hora en el horario de invierno y dos horas en el de verano.

(C) Ecuación de tiempo: añadir o restar los minutos que marca la tabla.

MES	1 al 10	11 al 20	21 al 30
Enero	6	10	12
Febrero	14	14	13
Marzo	11	9	6
Abril	3	0	-2
Mayo	-3	-3	-3
Junio	-1	0	2
Julio	4	6	6
Agosto	6	4	2
Setiembre	-1	-4	-8
Octubre	-11	-14	-16
Noviembre	-16	-15	-13
Diciembre	-9	-5	0

Sin signo añadir los minutos que se indican.

Con signo "-" quitar los minutos que se indican.

