

El Globo terráqueo, una bola casi mágica

Esteban Esteban PeñaIba



EL GLOBO TERRÁQUEO, UNA BOLA CASI MÁGICA

Esteban Esteban

Publicaciones de ApEA

Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

Nº 28 (Secundaria) – Noviembre 2014

Publicaciones de ApEA nº 28
Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

© Esteban Esteban Peñalba (texto, fotos dibujos) y ApEA
Dibujo de Portada: Luis Cano
Foto de Portada M13. Hubble, NASA, ESA

Comité de Redacción:
Ederlinda Viñuales, Antonio Arribas y Ricardo Moreno

Dirección:
Ricardo Moreno (Vocal Editor de Publicaciones de ApEA)
rmluquero@gmail.com

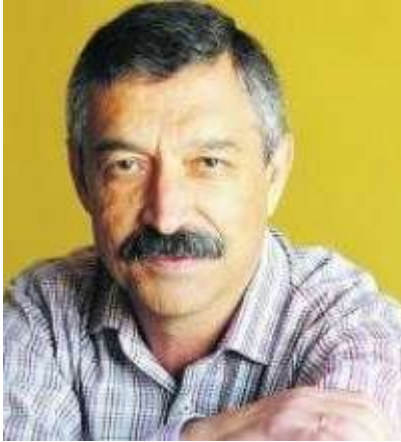
ISBN: 978-84-934442-9-7



Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

EL AUTOR



Esteban Esteban Peñalba

Entró en el mundo de la Astronomía como aficionado, y al incorporarse en 1983 al instituto de Sestao como profesor de matemáticas, decidió unir la profesión con la devoción impartiendo astronomía en talleres extraescolares y como asignatura optativa. Con su alumnado creó numerosos materiales didácticos y maquetas originales que obtuvieron diversos premios.

Actualmente es el responsable del Aula de Astronomía de Durango, dedicándose íntegramente a la didáctica de esta ciencia y a su divulgación en todos los medios de comunicación, Internet, publicaciones y eventos de divulgación científica.

ÍNDICE

Presentación	5
Objetivos	6
1- Globo terráqueo y mapas.....	7
1.1 Tipos de mapas	8
1.2 Localización de países y ciudades	11
1.3 Medida de distancias. Escalas.....	12
1.4 Rumbos	15
2- El globo terráqueo paralelo	19
2.1 Colocación del globo.....	20
2.2 Visualización día-noche, amanecer-anocheecer en tiempo real.....	24
2.3 Estaciones	25
3- Estudio de las sombras según el lugar y la fecha	28
3.1 Sombras a lo largo del día y en diferentes estaciones.....	28
3.2 Sombras en distinta latitud	30
3.3 Sol en el cenit	31
3.4 Sombras al mediodía en diferentes lugares del meridiano	32
4- Sombras de edificios o monumentos de cualquier lugar del mundo en tiempo real.....	33
5- ¿Qué hora es en...? Relojes de Sol en el globo terráqueo	37
6- Visualización de situaciones pasadas y futuras	41
7- Medición de la Tierra.....	43
ANEXO 1- Elaboración de un reloj solar-brújula	46
ANEXO 2- Indicador de direcciones a través de la Tierra	49

PRESENTACIÓN

El globo terráqueo es un elemento que se puede encontrar en todas las escuelas e incluso se ha convertido en un icono del aula. Sin embargo en muchas ocasiones no pasa de ser un objeto decorativo y no suelen utilizarse las grandes posibilidades que tiene como recurso didáctico. Se usa muy poco, y cuando se usa, no se llegan a ver sus prestaciones más interesantes.

El globo terráqueo puede utilizarse en muchas actividades diferentes. Desde la más sencilla, a la manera de un simple mapa, hasta convertirlo en un potente simulador que permite obtener y visualizar datos de iluminación de la Tierra en tiempo real a la vez que sorprender y motivar al alumnado.

Esta última utilidad, denominada habitualmente “globo terráqueo paralelo” es un aspecto poco conocido por el profesorado en general, pero enormemente útil y satisfactorio didácticamente.

En esta obra se recogen una serie de actividades relacionadas con el globo terráqueo, y en especial con el globo paralelo, para sacarle partido al enorme recurso que puede suponer este conocido y popular elemento didáctico.

Algunas explicaciones que aparecen en esta publicación no son para el alumnado, porque quizás sean demasiado técnicas y no pueda entenderlas, sino para el profesorado para que prepare y desarrolle la actividad de una manera adecuada.

Las preguntas o informaciones que se dan directamente al alumnado en el desarrollo de las diferentes actividades aparecen siempre con letra *CURSIVA y de distinto color*, y el resto, tal como se ha dicho, son instrucciones, datos o reflexiones para el profesorado. No obstante el docente puede optar por modificar estas preguntas o indicaciones, proporcionando al alumnado la información y las instrucciones de trabajo que considere convenientes.

Algunas actividades pueden ser demasiado exhaustivas o profundas. Deben tomarse como una referencia para elegir únicamente las cuestiones que sean más adecuadas según la edad, nivel o conocimientos. En cualquier caso el docente debe elegir aquello que se adapte al nivel y a los objetivos que quiera conseguir con su alumnado.

OBJETIVOS

- Comparar los diferentes modos de representación de nuestro planeta, ver la conveniencia de utilizar unos u otros según la actividad que se vaya a realizar, y constatar las limitaciones de los mapamundis y la necesidad del globo terráqueo para realizar algunas tareas.
- Convertir el globo terráqueo en un potente simulador para ver directamente y en tiempo real, diversas circunstancias que están ocurriendo en lugares lejanos de la Tierra.
- Ser conscientes de la posición en que nos encontramos en la Tierra, tan diferente de la idea previa que tenemos, sentir o interiorizar la situación y hacerse una idea de dónde están situados distintos países o ciudades, en una dirección recta a través del interior de la Tierra.
- Visualizar el día y la noche, la diferencia de la situación actual según las estaciones y según la latitud de distintos lugares.
- Ver la diferente dirección y longitud de las sombras en un momento determinado en varios lugares del mundo, no solo por su distinta longitud geográfica y por tanto distinta hora, sino también condicionadas por la latitud.
- Inferir, con los anteriores resultados, lo que ocurrirá aquí con las sombras según vayan pasando las horas o los meses.
- Visualizar en tiempo real la posición y longitud de las sombras de edificios o monumentos situados en cualquier lugar del mundo.
- Proporcionar un método para medir la Tierra, muy sencillo y factible de realizar utilizando solamente nuestros recursos.

1- GLOBO TERRÁQUEO Y MAPAS

Para representar globalmente nuestro planeta y localizar los países, las ciudades, los continentes y los mares, existen dos recursos diferentes: los mapamundis y el globo terráqueo.

Este último es mucho menos utilizado habitualmente que los mapamundis, por motivos de comodidad de trabajo: El mapa se puede extender sobre una mesa, colgar en una pared proyectar en una pantalla quedando todo él visible en su integridad. Si hay que trazar líneas o escribir sobre él es mucho más cómodo, e incluso si hay que medir, en una superficie curva no se podría hacer con una regla convencional.

Además si hay que proporcionarlo al alumnado como material de trabajo individual o en grupo, mientras que conseguir varios globos terráqueos resultaría caro, los mapas son mucho más asequibles e incluso se pueden fotocopiar.

En el globo terráqueo, que además es más difícil de guardar y transportar, si queremos buscar algo o medir distancias hay que girarlo hasta encontrar la posición que haga visible nuestro objetivo, e incluso voltearlo hacia arriba o abajo, y desde luego en un primer vistazo es mucho más difícil, que en el mapa, encontrar lo que buscamos.

Sin embargo, como se verá a continuación, en la mayoría de los casos los mapamundis nos proporcionan datos, medidas, situaciones y posiciones relativas que no se corresponden con la realidad, por la sencilla razón de que todos los mapas son planos y nuestro mundo es una esfera.

Los mapamundis suponen proyecciones de una esfera en un plano, y para realizar la proyección aparecen deformaciones y hay que sacrificar ciertos parámetros. Inevitablemente algunas circunstancias que presentan los mapamundis son incorrectas, pero cuando los utilizamos no somos conscientes de ello.



Para realizar algunos ejercicios de los ámbitos citados, como medir distancias, posiciones relativas de ciudades o países, tamaño relativo e incluso la forma correcta de los continentes. el globo terráqueo es un recurso mucho más adecuado, cuando no imprescindible si queremos obtener unos resultados correctos.

1.1 - Tipos de mapas

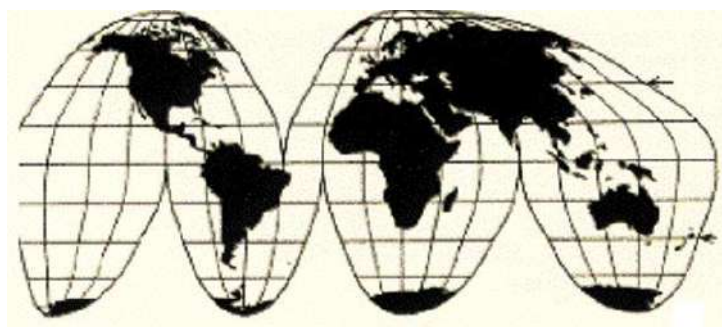
Cuando en el apartado anterior se comparan los mapas con el globo terráqueo, nos estamos refiriendo a mapamundis: mapas planos que recogen la totalidad de los continentes y océanos terrestres en una misma imagen.

Los mapas de escala menor, de una región, un país o incluso a veces un continente, no tienen los enormes e inevitables problemas de deformación de los mapamundis ya que las regiones que representan son globalmente “casi planas” y estos mapas sí pueden utilizarse para cálculo aproximado de distancias utilizando la escala adecuada, para comparación de áreas, analizar direcciones relativas, etc.

Pero a la hora de elaborar un mapamundi completo, surgen problemas imposibles de resolver y hay que decidir qué se quiere priorizar. Por ejemplo si se quieren mantener las formas de los continentes o los rumbos de navegación, las superficies de los continentes se ven alteradas y dejan de ser proporcionales. Si se quieren mantener las superficies, la forma de los continentes se modifica y pueden llegar a ser casi irreconocibles.

Por ese motivo hay muchos tipos diferentes de mapamundis. Unos más usados y conocidos que otros, unos utilizados para una determinada tarea, y otros para otra.

Esto es fácil de entender si suponemos que tenemos un globo terráqueo (que es una reproducción fiel de la propia Tierra), quitamos la fina capa de plástico que lo recubre, en la que están dibujados los detalles geográficos, e intentamos extenderla en un plano encima de la mesa, por ejemplo a lo largo del ecuador. Se nos agrietará y desgajará, y podría quedar algo parecido a los típicos mapamundis con gajos.



Pero lo más frecuente es usar mapas rectangulares, más fáciles de visualizar e incluso de aceptar, pero inevitablemente llevan implícitas muchas inexactitudes.

Para elaborarlos lo que se hace es comenzar con una cuadrícula donde se representan meridianos según líneas verticales y paralelos horizontales. Todos los paralelos aparecen con la misma longitud, pero en la realidad son muy diferentes. El ecuador es mucho más largo que los círculos polares, por ejemplo, pero en el mapa aparecen iguales. Con ello los países y zonas lejanas al ecuador aparecerían enormemente alargadas en horizontal. La solución es variar la escala vertical, aumentándola en diferente medida, según el efecto

que se quiera conseguir, y esto se realiza utilizando fórmulas matemáticas que permitirán obtener la proyección deseada. Al hacer esto, la superficie de los lugares lejanos al ecuador queda automáticamente aumentada.

Entre estos mapas rectangulares, el más conocido y usado es el llamado proyección Mercator, que mantiene los rumbos de navegación y por ello salvó miles de vidas de marineros.

Este mapa sin embargo ha sido calificado en ocasiones como imperialista e insolidario porque la superficie de las regiones del tercer mundo aparecen reducidas en relación a las del primer mundo.

Pero esta circunstancia es inevitable si se quiere mantener los rumbos y las formas de los continentes, y en todos los casos las críticas a este mapa han sido interesadas y con argumentos erróneos, cuando no con intenciones mercantilistas y con ánimo de engañar.

Si se realizan mapas donde la superficie de los continentes aparece proporcional, la forma de algunos de ellos queda enormemente alterada, como en el mapa de Peters



Mapas de Mercator y de Peters

En cualquier caso, estas polémicas ponen de relieve la imposibilidad de elaborar un mapa que refleje fielmente cómo es nuestro mundo y la razón es que una esfera no es un plano.

Existen muchos otros mapamundis, y actualmente se utiliza bastante el de Winkel-Tripel que aparece en la siguiente imagen, en el que se minimizan o promedian los defectos en superficie o en las formas, pero en el que los meridianos y paralelos no son líneas rectas y también tiene algún problema en la orientación de algunas zonas.



El alumnado normalmente está acostumbrado a trabajar con mapas, y muy poco o nada con el globo terráqueo. Casi siempre suele utilizarse el mismo mapamundi, y lógicamente ello puede hacerle pensar que todo lo que allí aparece es correcto en cuanto a distancias, proporciones, situación relativa de países, ciudades, etc.

Únicamente para que el alumno recapacite sobre ello y conozca diferentes opciones, se le puede proponer una primera actividad, donde no importa mucho si las respuestas sean correctas o incorrectas, porque el objetivo es que compare y piense.

El alumnado se distribuye por grupos, y a cada grupo se le proporciona un globo terráqueo y fotocopias de al menos 4 mapamundis diferentes. Por ejemplo los que han aparecido en los gráficos anteriores: uno de gajos, el de Mercator, el de Winkel-Tripel, y el de Peters.

No se pretende que conozcan las características de unos y otros, sino que vean que hay diferentes mapamundis, reflexionen sobre la dificultad de decidir cuál es el mejor, y comparen sus utilidades con las de un globo terráqueo.

Responde a las siguientes cuestiones, anota tus respuestas y compáralas con las de tus compañeros de grupo

- *¿Cuál de estos mapas te resulta más conocido?*
- *¿Cuál crees que será más real: el globo terráqueo o alguno de los 4 mapas?*
- *¿Por qué?*
- *Observa las formas de los continentes (por ejemplo África) y compara. Mira primero en el globo y luego en cada uno de los mapas.*
- *Fíjate en el tamaño de Groenlandia en los distintos mapas y en el globo. ¿Qué conclusión se puede sacar?*
- *Fíjate en la forma que tiene la península escandinava (Suecia, Noruega, Finlandia en el norte de Europa) en unos y otros.*
- *¿Qué pasa con la Antártida?*
- *¿Ves alguna otra diferencia destacada entre los distintos mapas?*
- *¿Por qué crees que habrá mapas tan diferentes?*
- *¿Por qué todos ellos son tan diferentes al globo terráqueo en algunos aspectos? (Por ejemplo la representación de la Antártida)*

Una vez realizado este ejercicio, según la edad y nivel, se le daría al alumnado más información, de la reseñada antes o de otras fuentes, e incluso podría plantearse un pequeño debate si hay respuestas diferentes en los distintos grupos.

Una vez vistas las diferencias entre los distintos mapas, de cara a valorar las diferentes utilidades, ventajas e inconvenientes de utilizar un mapamundi o un globo terráqueo, se proponen una serie de ejercicios que se realizarían con un mapamundi rectangular cualquiera y un globo terráqueo.

1.2 - Localización de países y ciudades

En esta actividad se pretende que el alumnado compruebe que los mapamundis son representaciones no exactas de la Tierra y que no son válidos para realizar algunas funciones, mientras que el globo terráqueo sí es una representación fidedigna.

Con el globo terráqueo se ve la situación relativa de las ciudades o países, que en un mapamundi en ocasiones es imposible:

Se propone trabajar también por grupos reducidos, proporcionando a cada uno un globo terráqueo y un mapamundi, preferiblemente con paralelos y meridianos horizontales y verticales respectivamente, y se les da el siguiente guión de trabajo:

- Busca los siguientes lugares en el mapa mundi:

Madrid, París, New York, Tokyo, Cabo Farvel (Situado en el Sur de Groenlandia) Ciudad del Cabo (Sudáfrica), Wellington (Nueva Zelanda), Darwin (Norte de Australia) Aberdeen (Escocia), Bogotá (Colombia), Helsinki (Finlandia).

- Busca los mismos lugares en el globo terráqueo.

- ¿Dónde te ha resultado más fácil encontrarlas, en el mapa o en el globo?

- Busca y compara las posiciones de Madrid y Wellington, primero en el mapa y luego en el globo. ¿Qué conclusión sacas?

- ¿Qué relación hay en las posiciones de esos dos lugares en el globo? ¿En el mapa, está tan clara esa relación?

- Lo mismo con Miami (Florida) y Augusta (Suroeste de Australia)

Las antípodas en un mapamundi son un lugar más que no se relaciona claramente con su posición real en el lugar opuesto.

- Busca y compara las posiciones de San Francisco y Tokio, primero en el mapa y luego en el globo. ¿Qué conclusión sacas?

- Busca y compara las posiciones de Thule (Groenlandia) y Tiksi (Norte de Siberia) , primero en el mapa y luego en el globo.

Dos lugares cercanos entre sí pueden aparecer muy separados en el mapamundi, sobre todo si están relativamente cerca del polo.

- Otro ejemplo: Busca en el mapa Helsinki y la isla Nunivak (Alaska), y piensa por dónde irías, en avión. Localízalas ahora en el globo terráqueo. ¿Modificarías tu itinerario anterior?.

1.3 - Medida de distancias. Escalas

Para medir distancias en el mapa se puede utilizar una regla de plástico o madera. En esta actividad no hay que preocuparse por la escala porque únicamente se compararán los diferentes valores. Se medirá en las unidades que tenga la regla.

Para medir en el globo hay que usar una regla de papel con la escala adecuada. Un método cómodo para obtenerla es escanear una regla, imprimir una prueba y aumentar o disminuir para ajustar la escala, de manera que el tramo correspondiente a un centímetro en la regla original se corresponda, por ejemplo, con 1000 km en el globo. Se vuelve a imprimir y se corta la tira de papel con una anchura de uno o dos centímetros aproximadamente. Esta regla nos servirá también para otras actividades.

- Mide aproximadamente, anota los resultados y compara las distancias entre los siguientes pares de lugares en el mapa y en el globo.

En el mapa con una regla cualquiera:

-De Madrid a Nueva York

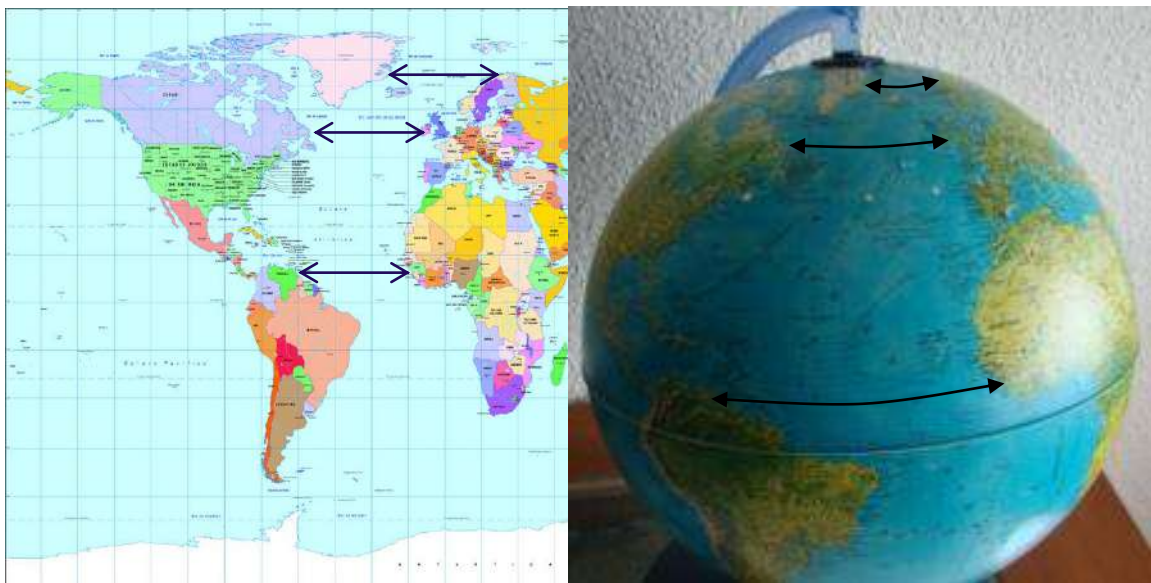
-Del cabo Farvel (Groenlandia) a Helsinki

- De Bogotá (Colombia) a Accra (Ghana),

-Toma luego las mismas medidas en el globo terráqueo con una regla de papel que te proporcionarán.

¿Qué conclusión sacas?

Al principio parece sorprendente que en el mapamundi ambas distancias sean casi iguales y en el globo terráqueo tan diferentes.



De todo esto se deduce que en un mapamundi no puede trazarse una escala gráfica, aunque curiosamente en algunos aparezca, porque no sería válida en todo el mapa. Incluso en mapas de todo un continente ocurre lo mismo. Esto se aprecia muy bien en la aplicación Google-maps de Internet:

Es muy posible que el alumnado esté acostumbrado a utilizar esta potente herramienta para obtener mapas y, por supuesto, se fíe de la escala que aparece en la imagen. Con una sencilla comprobación se dará cuenta de las dificultades o incluso imposibilidad de fijar una escala para medir distancias en un mapamundi.

- Entra en internet en maps.google.es, y en el mapa que te aparece coloca el ecuador en la parte central de la pantalla y cambiando el zoom, amplía o reduce de manera que aparezca la península Ibérica justo en la parte superior de la imagen, aproximadamente como en el gráfico.



- Observa la escala que aparece en la parte inferior derecha.*
- Mide con una regla en centímetros la distancia entre Lisboa y Estambul (en Portugal y Turquía respectivamente) y luego obtén el valor aproximado en kilómetros, llevando la regla a esa escala del mapa.*
- Sin cambiar el grado de ampliación vete moviendo la imagen del mapa en vertical de manera que vayan apareciendo en la pantalla zonas más al norte,, y fíjate lo que le ocurre a la escala.*
- Si quieres muévelo hacia arriba y hacia abajo, observando la escala.*
- ¿Sorprendente?*
- Teniendo en cuenta que la ampliación del mapa es la misma, ¿te parece lógico que cambie la escala?*
- Sigue hacia el Norte bajando la imagen en la pantalla, hasta que Europa quede centrada en vertical. Te debe quedar aproximadamente como en la figura siguiente. Haz todo esto sin cambiar la ampliación o zoom.*



- *Vuelve a medir la distancia entre Lisboa y Estambul utilizando la escala que te aparece ahora. La medida con la regla debería dar el mismo resultado; pero al calcular el valor en kilómetros utilizando la escala ¿Qué obtienes? ¿Te sorprende el resultado?*

- *¿Les darías algún consejo a los que han elaborado la aplicación Google-Maps?*

- *Si quieres, puedes comprobar en el globo terráqueo, cuál es esa distancia.*

De todas formas, cuando la imagen que elegimos con el programa corresponde a una zona pequeña, como una ciudad, una comarca o incluso un país no muy grande, no existe este problema y la escala es correcta.

Efectivamente, no tiene sentido dar una escala en un mapa que cubre todo un continente si no se dice exactamente para qué latitud es adecuada, porque al medir con ella una distancia entre dos puntos de ese mapa cometeríamos un error. Posiblemente la escala corresponda solo a la parte central del mapa, pero habría que decirlo.

1.4 - Rumbos

En esta actividad se intenta relacionar las posiciones relativas entre dos lugares de la Tierra y establecer la dirección que debemos seguir para ir de uno al otro por el camino más corto: el rumbo.

Si pensamos en ir de un lugar a otro del planeta, miramos en un mapa y trazamos la línea recta que los une, intuitivamente pensamos que deberíamos tomar la dirección que nos marca esa línea sin variarla para llegar al destino.

Sin embargo esto no es así, y podemos verlo fácilmente haciéndolo en dos mapamundis diferentes: la dirección del trayecto (inclinación de la línea recta que los une) sale diferente. Para comprobar esto pueden utilizarse, por ejemplo, los mapas de Mercator y de Peters. Se le proporciona al alumnado una fotocopia de cada uno.

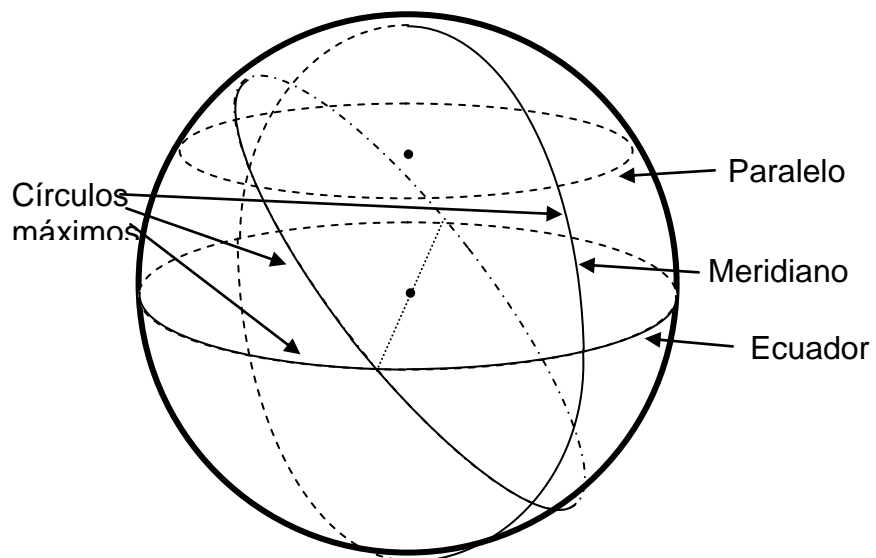
-Traza la línea recta que une Lisboa y Caracas en cada uno de estos dos mapas. Luego con un transportador de ángulos mira la dirección y el ángulo que forma esa línea con la horizontal (el paralelo). 0° en horizontal sería dirección Oeste; 90° dirección Sur.

¿Te sale el mismo resultado?

Cada mapa se realizó utilizando una proyección diferente.

El único mapa con el que se obtienen rumbos correctos es el de Mercator porque se creó con ese objetivo. Pero aún así hay que matizar que ese rumbo habría que mantenerlo continuamente en la brújula, pero en realidad la nave iría cambiando poco a poco de dirección porque no se mueve en un plano. Por ejemplo si vamos desde cabo Farvel a Helsinki el mapa me da la dirección ESTE estando los dos puntos en el mismo paralelo, pero para que en la brújula se mantenga continuamente el Este, se debe ir moviendo ligeramente el timón. No se viajaría en línea recta, sino siguiendo un paralelo que es una curva.

Esto es así porque nuestro mundo no es plano sino esférico, y en una esfera el camino más corto no es el de una línea recta en un mapa, sino un arco de círculo máximo que pase por los dos lugares.



Un círculo máximo es aquel que tiene su centro en el centro de la esfera. Un paralelo cualquiera no cumple esta propiedad pero sí la cumplen el ecuador y cualquier meridiano.

El rumbo adecuado

En este ejercicio se trabajará siempre con el globo terráqueo, aunque se dispondrá de un mapamundi para hacer algunas comparaciones

- Para ir de Madrid a Nueva York: ¿Por dónde hay que ir? Mirar en el mapa.



Parece claro, pero ¿Sabes si van por ahí los aviones?

La respuesta es NO. Los aviones, además de aprovechar las corrientes de aire que pueden modificar ligeramente la trayectoria, lógicamente siguen el camino más corto.

Aunque en el mapa parecía claro, veremos que seguir el meridiano no es el camino más corto.

- Para ello coge una tira de papel y haz que pase por Madrid y

Nueva York. Trata de ajustar la tira al meridiano y verás que parte del papel (toda la zona que está al Norte) queda en el aire.

- Hazlo ahora de manera que toda la tira de papel esté tocando la superficie del globo. El papel "se desvía" del meridiano y va más al Norte, aunque siga pasando por las dos ciudades.

Si vamos colocando el papel pegado al globo estamos siguiendo lo que se llama un "círculo máximo", cuyo centro está en el centro de la Tierra y siempre nos dará el camino más corto.

Por si queda alguna duda de si es o no es el camino más corto, ahora harás lo mismo, pero midiendo las distancias. Para ello usa una tira de papel graduada.

- Mide con cuidado la distancia de Madrid a Nueva York por el paralelo y por el círculo máximo y, aunque la diferencia no es mucha, comprueba cuál es el camino más corto.

- Haz lo mismo desde Madrid a Pekín. Fíjate que si vas colocando el papel pegado al globo, ahora se ve todavía mejor cómo la trayectoria se separa del paralelo y va por latitudes muy septentrionales. Sin embargo en el mapa sigue pareciendo otra cosa.



- Mide también la distancia de Madrid a Pekín con la regla de papel en el globo terráqueo siguiendo el paralelo.

- Ahora mídelo siguiendo el círculo máximo por el camino en que apoya totalmente la regla de papel.

- En el caso de Pekín la diferencia te habrá salido mayor que en el de Nueva York ¿Por dónde llegarías antes: por el paralelo o por el otro camino?

Otro efecto sorprendente:

- Averigua a dónde llegarías si sales en avión de Madrid, pones rumbo hacia el Oeste y conectas el piloto automático (Apoya el extremo del papel en Madrid, el comienzo del mismo siguiendo el meridiano y luego simplemente vete apoyando el resto del papel)

- ¿Has llegado a Cuba? ¿Alguien secuestro el avión o averió el piloto automático?

- ¿No deberías haber llegado a Nueva York?

Como es posible que el alumno, sorprendido, dé por erróneo el resultado que ha obtenido, convencido de que lo ha hecho mal, le confirmamos el resultado: Efectivamente llegará a Cuba. Sobre un mapamundi, el resultado (erróneo) parece que es Nueva York, pero el círculo máximo que en Madrid tiene la dirección Este-Oeste, se va curvando hacia el Sur al alejarse de aquí.

Ahora vamos a hacer un viaje aún más largo. Nos vamos de Madrid a Darwin en la costa de Australia. Casi de punta a punta, y además al hemisferio Sur.

- Coge una tira de papel suficientemente larga (quizás te haga falta una tira de DIN A3) y apóyala en Madrid y en Darwin, de manera que quede pegando toda ella al globo terráqueo para averiguar el camino más corto.

- Vete siguiendo el vuelo desde Madrid e imagínate que vas viendo el paisaje. ¿Cuál es la primera gran ciudad que sobrevuelas?.....¿Pero no verás ahí las torres de la Sagrada Familia? ¿Y cerca el Nou Camp?. Pero...pero si yo me estoy dirigiendo al hemisferio Sur, y Barcelona está más al Norte que Madrid ¿Cómo puede ser?

Si miro el mapa, todavía parecerá más absurdo ¿Cómo es que voy hacia arriba (Norte) si estoy yendo hacia abajo (Sur)?

En un mapamundi parece claro que la trayectoria correcta de salida debe ser hacia el Este y algo hacia el Sur, pero no lo es. Se debe salir hacia el Este y un poco ¡hacia el Norte! Como en otros aspectos, en éste el mapa tampoco es adecuado.

El convenio Norte-Sur, debido a la posición del eje de la Tierra hace que las líneas de referencia meridianos y paralelos condicionen de una manera concreta la imagen que tenemos de nuestro planeta, pero podrían trazarse de otras muchas formas.

Por ejemplo la línea del último papel, el círculo máximo que pasa por Madrid, Barcelona y Darwin podría ser el ecuador si el eje de la Tierra tuviese otra inclinación y posición. En ese caso la dirección y trayectoria al viaje nos parecería lógica.

Y otra cuestión también curiosa. Aunque ya vemos que para esto los mapas no son nada fiables:

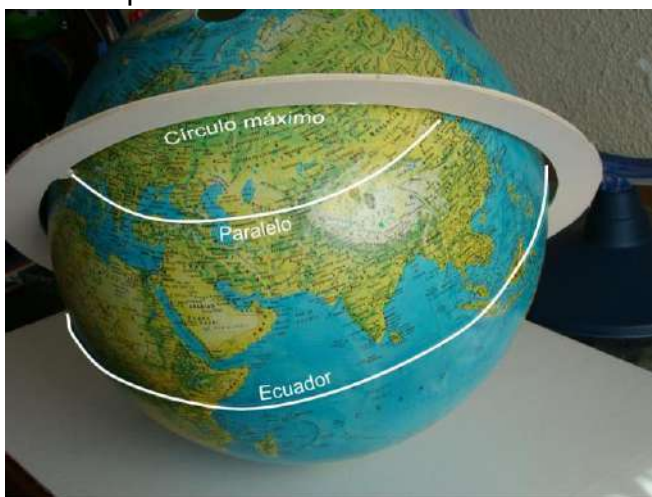
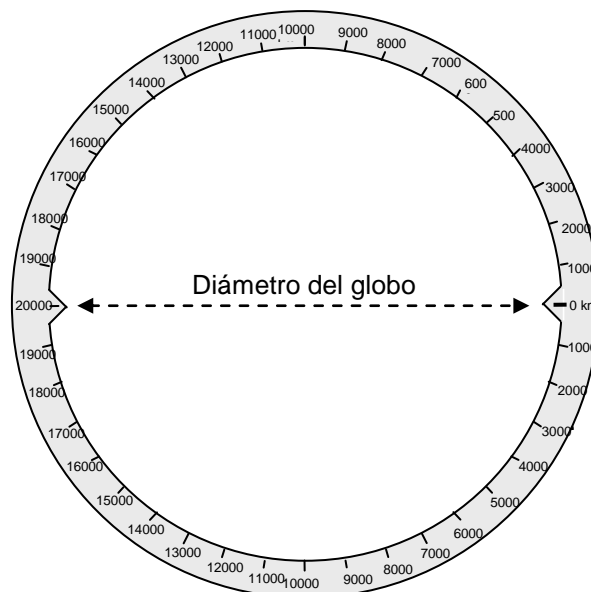
- Mira en el mapa por dónde tengo que ir desde Bilbao a Wellington (Nueva Zelanda) ¿Qué dirección tengo que tomar?

- Piénsalo ahora mirando en el globo terráqueo.

En este caso la dirección de salida que nos daba el mapa no es incorrecta porque para ir a las antípodas ¡sirven todas las direcciones!

Otro recurso para averiguar los rumbos:

Aunque utilizando reglas y tiras de papel se puede realizar esta actividad sin problema, se visualizan mucho mejor las situaciones si se usa un anillo de cartón a modo de círculo máximo. Se hace un anillo de cartón de diámetro ligeramente mayor que el globo terráqueo, pero que en dos puntos opuestos tenga dos entrantes que se ajusten a éste. Colocamos uno de estos puntos en nuestra localidad, el otro en las antípodas, y sin que se muevan estos puntos lo hacemos girar hasta que pase por el lugar que nos interese. El anillo podemos graduarlo en kilómetros y servirá también para medir distancias.



En la imagen se ve claramente como la trayectoria de Madrid a Pekín que indica el anillo difiere del paralelo, remarcado por una línea blanca, al igual que el ecuador.

2 - EL GLOBO TERRÁQUEO PARALELO

El globo terráqueo paralelo es un potente simulador y una herramienta útil y sorprendente. Tanto que, para motivar al alumnado, si la edad y circunstancias lo aconsejan, puede hacerse una introducción vestida de una palabrería que les pondrá receptivos y con ganas de realizarlo.

Aunque esto cada docente puede introducirlo a su manera, debido a la importancia de que se impliquen con ganas en el ejercicio, se sugieren dos opciones diferentes. La primera haciendo un poco de teatro y la segunda más aséptica.

Opción a)

Aparte de que, como se ha visto, el globo terráqueo representa fielmente a nuestro planeta, a diferencia de los mapamundis, este elemento tiene otras muchas utilidades, algunas de las cuales parecen casi mágicas.

Vamos a convertir a esta bola del mundo en una bola mágica.

No como las bolas mágicas de verdad, que permiten ver el número de lotería que saldrá en el próximo sorteo, porque esas bolas no existen, sino en una bola que tenga algunas de las propiedades que se suponen que tienen estas bolas mágicas que no existen.

Mirando esa bola podremos ver cosas que están ocurriendo ahora a miles de kilómetros de aquí. Por ejemplo saber si ya ha amanecido en Río de Janeiro o si la sombra de la Torre Eiffel atraviesa ahora mismo el río Sena.

Para ser una bola mágica, es muy barata y se puede comprar en librerías. Pero esto es porque los librereros no saben que es mágica, y de hecho tal como la venden no es mágica. Tenemos que tunearla. Así conseguiremos ver en él las sombras igual que están en la Tierra.

Opción b)

Si colocamos el globo terráqueo adecuadamente podremos ver directamente cosas que están ocurriendo a miles de kilómetros de aquí: Por ejemplo saber si ya ha amanecido en Río de Janeiro o si la sombra de la Torre Eiffel atraviesa ahora mismo el río Sena, o qué hora es en Moscú.

Son aspectos relativos a las sombras, y para ello el Sol debe iluminar el globo de igual manera que a la Tierra.

2.1 - Colocación del globo

Este es uno de los apartados más interesantes e incluso más bonitos de este desarrollo por lo que aunque es posible hacerlo mucho más breve, se aconseja seguir este guión.

Esta actividad proporciona la clave para convertir el globo terráqueo en un recurso que nos permitirá realizar diferentes observaciones y obtener datos y resultados que a priori parecen casi imposibles.

Para ello se deberá colocar el globo paralelo a nuestro planeta Tierra.

La clave está en que, para que el globo esté paralelo a la Tierra, hay que colocarlo con la posición de nuestra localidad en el punto más alto. Arriba del todo, y luego orientarlo adecuadamente girándolo en horizontal.

Esto podría decirse al alumnado y razonarlo brevemente sin dedicarle mucho tiempo, pero es interesante que lo deduzcan mediante un ejercicio muy ilustrativo, entre otras cosas porque en caso contrario muchos no lo aceptan.

Lo primero que hay que hacer es colocar el globo igual que está colocada la Tierra. Que las dos esferas queden paralelas, orientadas de la misma manera, y así recibirán la iluminación del Sol de la misma manera.

Para empezar: ¿Qué debemos colocar arriba? ¿Ahora mismo, qué hay en la parte de más arriba de la Tierra?

Casi en la totalidad de los casos, la respuesta es: El polo Norte.

Se les dice que no, y suele aparecer otra respuesta: Como saben que el eje de la Tierra está inclinado, y así aparece en los globos terráqueos tal como los venden, en ellos el punto más alto es un lugar del círculo polar. Aunque no sean capaces de concretar tanto, sí tienen la idea de “un poco más allá” del polo, por la inclinación del eje. (como la inclinación del eje es $23,5^\circ$, el punto de arriba de los globos terráqueos tal como se colocan siempre está en un lugar situado a $23,5^\circ$ del polo en la latitud $66,5^\circ$).

Esta respuesta vuelve a ser incorrecta, y para averiguarlo se hace el siguiente ejercicio:

Preferiblemente en el exterior, en el patio, nos orientamos mediante una brújula magnética o con el aparato didáctico que se describe en el anexo 1.

- Buscar en la bola mágica la ciudad de Edimburgo (Escocia). Comparar su situación con la nuestra.

- Señalar con el dedo hacia dónde está Edimburgo en realidad.

Lo normal es que todos señalen hacia el Norte con el brazo extendido en horizontal.

- No está del todo mal, pero hay que mejorarlo.

Realmente deberían indicar hacia el Norte, pero un poco hacia abajo, hacia el suelo. Esto de momento no se les dice, a la espera de que lo averigüen con sucesivos lugares

- A ver si ahora sale mejor: Señalar con el dedo hacia dónde está el polo Norte.

La respuesta y la exactitud vuelve a ser la misma. Suelen indicar en horizontal hacia el Norte, y se puede repetir con otros lugares diferentes:

- Buscar en el globo Nueva York y señalar con el dedo hacia dónde está. Lo mismo Sudáfrica, el polo Sur y Pekín.

Siempre lo mismo: Sigue sin estar correcto del todo.

- Buscar en el globo Nueva Zelanda y señalar con el dedo hacia dónde está.

Aquí ya suele haber alguien que indica hacia abajo; en vertical hacia el suelo, que es la respuesta adecuada. Si nadie acierta, se les hace ver, ahora sí, la dirección correcta, porque es más fácil de entender y de admitir que los otros lugares.

- Teniendo en cuenta esta circunstancia, volvemos a señalar dónde está Edimburgo, el Polo Norte, Nueva York...

Se vuelven a señalar todos los lugares otra vez, si hace falta se les ayuda para que lo hagan bien, y todos deben estar algo hacia abajo. Incluso el polo Norte está hacia abajo, y más abajo que Edimburgo. Esto normalmente no deja de sorprender y a veces no lo aceptan porque están acostumbrados a ver siempre en todas las representaciones el polo Norte más arriba.

Les suele resultar muy chocante. Suelen aceptar enseguida que Sudáfrica y el polo Sur estén hacia abajo. Pero el Polo Norte...

También es frecuente que aparezca alguna objeción del tipo “pero por ahí no se puede ir”. Se puede solucionar diciendo que la pregunta no es por dónde ir, sino dónde está. Se puede poner un ejemplo: Si estoy en una habitación siempre deberé de dirigirme en la dirección hacia la que está la puerta para ir a cualquier lugar que esté en cualquier dirección.

- Si todos los lugares están hacia abajo, ¿qué hay en el lugar situado más arriba del todo?

La respuesta debe ser NOSOTROS, o nuestra localidad.

- Efectivamente, la localidad donde nosotros estamos, está situada en el punto más arriba del mundo (excepto los montes próximos)

Esto generalmente no lo aceptan. ¿Por qué precisamente donde estamos nosotros?

- La razón es que “el arriba” es relativo. Señalad con el dedo hacia arriba.

Aquí todo el alumnado está de acuerdo, y todos marcan en la misma dirección.

- Pues si eso es hacia arriba, no hay duda: estamos en la parte de más arriba. El tema es que el arriba es relativo, y en cada lugar tienen un arriba. Para los chinos arriba es hacia ahí (hacia el suelo, hacia el este). Y con ese arriba, ellos están situados en el lugar más arriba del mundo.

Nuestro mundo es una esfera, y si viajamos lejos, iremos cayendo poco a poco. Iremos hacia abajo.

Todo este proceso es para determinar cómo tenemos que colocar el globo.

Le quitamos de su soporte original, lo dejamos apoyado en un cilindro (por ejemplo un rollo de cinta adhesiva grande para embalaje) y nuestra localidad en la parte más alta.

- No obstante no es condición suficiente para determinar la posición, porque con nuestra localidad arriba podría girarse en cualquier dirección. Por ello también debemos orientar nuestro meridiano del globo con la dirección Norte-Sur que ya teníamos calculada.



Cuanto más preciso hagamos esto, más exactos serán los resultados. Para asegurarnos de que nuestra localidad está arriba se puede colocar un tirafondo largo de cabeza plana apoyado en ella, y comprobar que no se cae y que queda vertical tomando un par de referencias visuales a alguna pared o esquina del aula o edificio.

Aunque ya averiguamos anteriormente la dirección Norte-Sur, conviene colocar la brújula o el instrumento de orientación del anexo 1 junto al globo para comprobar directamente que su orientación es correcta.

- Pero la Tierra está girando. Si dejamos así puesto el globo ¿girá?

Dejarles pensar un poco, y si no lo tienen claro darles la respuesta.

- Sí, porque está apoyado en la Tierra y gira solidariamente con ella.

Para clarificar esta situación, dónde estamos nosotros y dónde están otros lugares del planeta, se puede elaborar un indicador de direcciones y distancias en línea recta, tal como aparece en el ANEXO 2. Su elaboración conviene dejarla para después de acabar con esta primera actividad con el globo paralelo. Su construcción, un poco laboriosa, pero no complicada, es clarificadora y permite asentar y completar la idea.

El globo paralelo (el globo terráqueo colocado y orientado como se ha descrito) nos permite ver la iluminación de la Tierra por el Sol en tiempo real ya que ambos reciben la luz de la misma manera. Colocado al sol, bien en el patio o en un lugar del aula donde dé el sol que entre por una ventana, se constata todo su potencial como simulador y sus utilidades.

2.2 - Visualización día-noche, amanecer-anocheecer en tiempo real

La primera utilidad del globo paralelo es muy sencilla y a la vez sorprendente: averiguar con detalle en qué lugares de la Tierra es ahora mismo de día y en cuáles es de noche.

- Fíjate en qué países en el globo terráqueo da el Sol, y cuales están en sombra, y en la línea que separa ambos lugares. Teniendo en cuenta que corresponden a la situación real actual de la Tierra, anota cuales son:

- Escribe 3 países donde es de día ahora mismo.

- 3 países donde es de noche.

- 3 lugares donde está amaneciendo ahora mismo.

- 3 lugares donde está anocheciendo.

-3 países o lugares donde es mediodía aproximadamente.

-3 países donde es medianoche, aproximadamente.



En ocasiones, según la superficie del globo o la claridad del ambiente, puede ser difícil determinar exactamente el borde de la zona que está iluminada por el Sol. Esto se puede solucionar si deslizamos un pequeño papelito blanco por la zona, perpendicular a la superficie del globo. Sobre él se verán bien las sombras y las luces.

Aunque parezca extraño, si hacemos el experimento en el interior del aula, siempre que entre luz por las ventanas e incida en el globo, la situación se ve mucho mejor porque la zona no iluminada no recibe luz ambiente exterior y contrasta más.

Después de un rato (por ejemplo cuando se han acabado de realizar otras actividades con el globo o volviendo a colocarlo al cabo de una o dos horas) se comprueba que la situación ha cambiado; que efectivamente en esos lugares de la lista ya es pleno día o es de noche, habiéndose desplazado la línea que determina el cambio día-noche a otros lugares.

Si es problemático repetir la actividad al cabo de varias horas, la situación se puede simular en este mismo momento, tal como se explica en el apartado 6.

Anota el nombre de algunos lugares en los que antes era de noche y ahora ya ha amanecido.

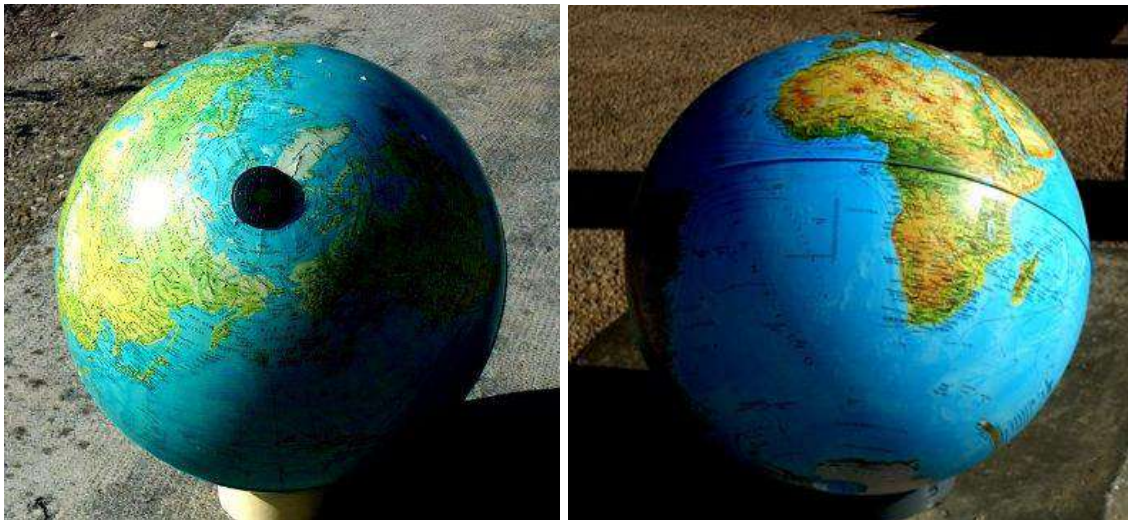
2.3 - Estaciones

La utilización del globo paralelo permite también visualizar la diferente iluminación que recibe la Tierra en los dos hemisferios según la estación, y entender las razones de las mismas.

Este ejercicio no conviene hacerlo en días próximos a los equinoccios (marzo y septiembre) porque en esas fechas no se aprecian diferencias en las situaciones. O en todo caso, una vez realizado lejos del equinoccio, repetirlo en éste para comparar.

2.3.1 - Noche o día perpetuos

- *Mira si ahora mismo está dando el Sol en cada uno de los polos.*
- *Comprueba que en los alrededores de los polos hay una zona en que en toda ella es de día o toda de noche, en todos los meridianos.*



- *Como la Tierra está girando, ¿Qué ocurrirá en esos lugares según van pasando las horas?*

La respuesta debe ser que ahí es siempre de día (las 24 horas) o siempre de noche. Si por ejemplo es el polo Norte y sus alrededores el que está en sombra, eso nos indicará que es invierno u otoño en el hemisferio Norte y en los alrededores del polo es noche perpetua. Si no se entiende bien este hecho, se puede volver al cabo de unas horas y comprobar que sigue siendo de noche en toda la zona.

También se puede simular la situación de lo que ocurrirá dentro de unas horas, como se explica en el apartado 6.

- *¿Desde qué latitud aproximadamente se produce hoy el fenómeno del Sol de media noche, en la que el Sol no llega a ocultarse?*

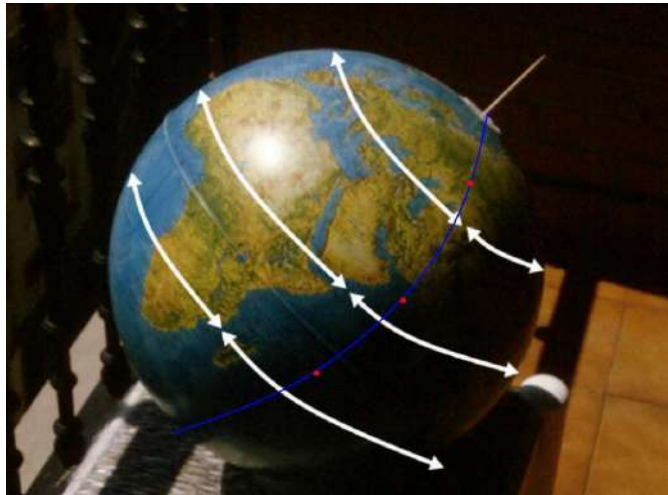
- *¿Qué estación corresponde a cada hemisferio?*

En otras latitudes también se puede ver la diferencia estacional (Otoño-invierno frente a primavera-verano), como se recoge a continuación.

2.3.2 - Duración del día según la estación y la latitud

- *Coloca nuevamente el globo paralelo al sol, observa la línea que separa el día de la noche en el globo terráqueo y compárala con la dirección de los meridianos. ¿Son muy diferentes? ¿Por qué?*

Esta última respuesta está relacionada con la fecha. En los equinoccios son iguales, pero en otras fechas es muy ilustrativo ver que lugares de la misma longitud geográfica (situados en un mismo meridiano), en uno es de día y en otro de noche. En distinto hemisferio se aprecia bien, pero incluso se puede ver en el mismo hemisferio:



- *Busca dos lugares en distinto hemisferio, que estén en el mismo meridiano, pero que en uno de ellos sea de día ahora mismo y en el otro de noche.*

(En la imagen el meridiano está marcado por una línea azul y los lugares pedidos con puntos rojos)

- *No es difícil encontrar esos dos puntos uno en el hemisferio Norte y otro en el Sur, pero ahora intenta buscarlos también en el mismo hemisferio.*

- *Fíjate en dos paralelos, uno del hemisferio Norte y otro del Sur, y observa en cada uno de ellos en qué porción de paralelo es de día o de noche. Compara los resultados.*

Tampoco estas cuestiones son adecuadas en los equinoccios porque en fechas próximas a los mismos coincide la línea día-noche con el meridiano.

En otras fechas no coinciden, como se aprecia en la imagen.

Como un punto del globo a lo largo del día recorre la posición actual de un paralelo, observando uno de estos paralelos se puede apreciar la duración del día y de la noche en esta fecha. Habrá más diferencia en los solsticios y será cero en los equinoccios.

En una misma fecha según la latitud también es diferente la proporción de día y noche, y esto también se puede ver en el globo terráqueo, observando la situación en diferentes paralelos: en el nuestro, en el trópico, en latitud 60° ..., pero sobre todo en lugares de diferente hemisferio.

Esto requiere una interpretación de la situación que vemos en el globo: Como la Tierra va girando, un punto determinado del globo irá recorriendo las posiciones de su paralelo. Recorriendo un paralelo, y comparando la porción de él que está iluminada y la que está en sombra nos da la duración del día y la noche en fecha de hoy para un punto de esa latitud.

En esta apreciación hay que tener cuidado porque si se compara la duración del día en distintos paralelos, al tener éstos diferente longitud, podría llevar a error. Habrá que comparar proporciones de paralelo iluminadas pero no longitudes.

En la imagen se aprecia “la mitad de esa situación”; la que vemos desde la posición que se hizo la foto. Con el globo terráqueo se verá completa, visualizando también la zona de atrás.

- ¿En qué hemisferio dura más el día que la noche?

- ¿Hay algún lugar en que hoy la noche dure aproximadamente el doble que el día?

- ¿Y algún lugar donde duren lo mismo?

Para la siguiente cuestión ten en cuenta que en el globo suelen estar marcados los meridianos cada 10° . Como toda la vuelta son 360° y el día dura 24 horas, ¿Cuántos meridianos corresponden al giro de la Tierra en una hora?

La respuesta es 1,5. Si no lo ven claro, se les da este dato.

- ¿Cuántas horas hay de día y cuantas de noche en el ecuador? ¿En la latitud 30° N? ¿En 30° S? ¿En la latitud 50° N? ¿En 70° N?

Esto conviene hacerlo en varias fechas a lo largo del año. Si no es viable, comparar la situación de los dos hemisferios, que se invertirá con el cambio de estación.

3 - ESTUDIO DE LAS SOMBRAS SEGÚN EL LUGAR Y LA FECHA

En esta actividad se utilizará el globo paralelo como simulador de la posición y longitud de las sombras en diferentes latitudes y estaciones.

En el estudio de las causas y consecuencias de las estaciones es interesante observar y conocer la posición del Sol en el cielo y su variación en altura y acimut (ángulo horizontal desde el Sur) según van pasando las horas y en diferentes fechas en un lugar determinado. La realización de observaciones directas para obtener los datos es muy laboriosa e incluso requeriría todo el curso. Una metodología más adecuada que mirar la posición del Sol es observar las sombras. En cualquier caso solo se podrían observar las situaciones desde nuestra latitud.

La utilización del globo paralelo permite la obtención rápida de estos datos, los correspondientes a otros lugares de la Tierra, e incluso inferir los de la estación opuesta observando lo que ocurre en el otro hemisferio.

Esto permite estudiar el concepto de estaciones, sus causas y las diferencias de un lugar a otro de la Tierra. Es muy interesante el estudio de las sombras producidas por un gnomon y su utilización para analizar el movimiento aparente del Sol. El globo paralelo permite reproducir esas situaciones y apreciar lo que ocurre en otras fechas u otros lugares, facilitando y complementando dicho estudio.

3.1 - Sombras a lo largo del día y en diferentes estaciones

- Coloca un pequeño listón de longitud menor a un cm. sobre el lugar en que nos encontramos, que hará las funciones de un gnomon, u objeto que produce sombra (por ejemplo un pequeño tirafondo pegado al globo por la cabeza con cinta adhesiva de doble cara), y comprueba que aproximadamente la relación entre su longitud y su sombra es la misma que la que produce un gnomon real como puedes comprobar con un listón de madera, el poste de una portería, etc.

No es necesario hacer mediciones, por otra parte difíciles de la sombra en el globo, pero ayuda a entender que si en nuestra localidad el simulador funciona, en otros lugares lejanos también.

- Coloca otros pequeños tirafondos en lugares de la Tierra de la misma latitud que el de nuestra localidad siguiendo el paralelo y fíjate en las longitudes y las direcciones de las sombras. Puedes poner, por ejemplo uno cada 15° o cada 20°. Utiliza los meridianos como referencia.

- Piensa que, al ir girando la Tierra, a lo largo del día desde aquí se han visto o se verán hoy las sombras que proyectan ahora mismo cada uno de estos tornillos. Piensa cuáles corresponden a la mañana, al mediodía o a la tarde.

Fíjate tanto en las longitudes de las sombras, como a su dirección respecto al meridiano en que están.

- ¿Cómo ha sido aquí la sombra esta mañana temprano? ¿Más larga o más corta que la de ahora? ¿De la misma o distinta dirección? ¿Cómo será por la tarde? ¿Cómo se van desplazando estas sombras?

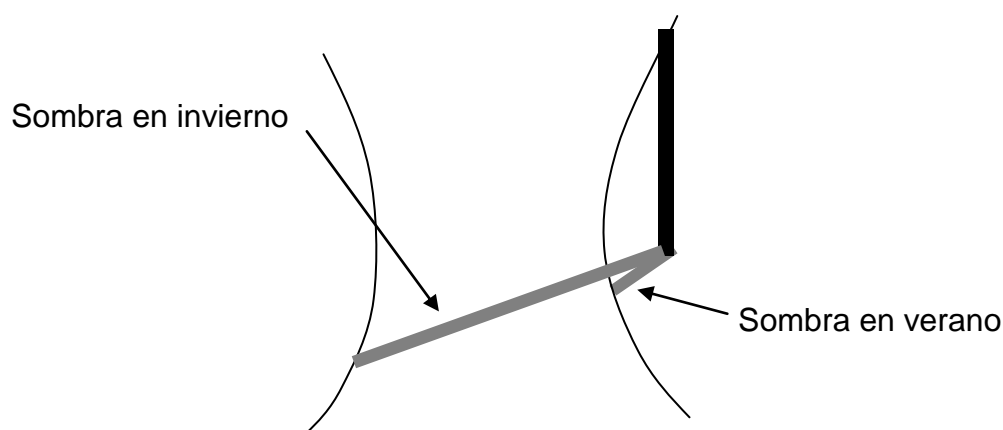
- Coloca otros gnomones de la misma manera, en el paralelo simétrico en el hemisferio Sur, y compara la situación de las sombras entre sí, tanto en longitud como en dirección.

- Compara esas sombras con las que se producen en el hemisferio Norte.



Como la estación es diferente en ambos hemisferios, se verá muy bien que las longitudes de las sombras en uno y otro hemisferio son muy diferentes, a no ser que estemos cerca del equinoccio. Pero también son diferentes las direcciones de las sombras a una misma hora.

En cada caso el extremo de las sombras está abierto en diferente sentido respecto a la base del gnomon, como ocurriría si repitiésemos esta práctica en nuestra localidad con seis meses de diferencia. En verano “rodean” la base del gnomon y en invierno se abren.



Recorrido del extremo de las sombras en invierno y en verano. Este resultado que requeriría la toma de datos durante 2 días completos dos veces al año, se simula en un momento con el globo terráqueo.

- Las sombras de los gnomones que has colocado en el hemisferio Sur, no solo corresponden a las de hoy en esos lugares sino también a las de aquí pero dentro de 6 meses. Fíjate en ellas, cómo irán cambiando a la largo del día en esas fechas.

- ¿Qué diferencias has apreciado entre ambos hemisferios? Piensa cómo debe moverse el Sol en cada una de las dos estaciones para que las sombras se comporten así. ¿Qué sombras son más cortas? ¿Cuándo estará el Sol más alto?

- Si fuera posible, haz un pequeño gráfico de esta situación dibujando las sombras. Repite el experimento dentro de 6 meses y compara.

3.2 - Sombras en distinta latitud

- De manera similar al caso anterior coloca otros gnomones, ahora en lugares de la Tierra de la misma longitud que nuestra localidad, siguiendo el meridiano.

- ¿Son iguales las longitudes de sus sombras? ¿Cuáles son más cortas?

- ¿Y sus direcciones son iguales?

Sin embargo al estar en el mismo meridiano la hora es la misma.

- Si te es posible, vuelve a hacerlo al mediodía (mediodía solar, cuando la sombra en tu localidad está en dirección Sur-Norte) y fíjate e las direcciones de todos los gnomones.



Efectivamente, aunque parece que va contra la lógica, se constata que aún siendo la misma hora en todos los lugares, la dirección de las sombras es diferente. Esto no ocurre si la observación se hace al mediodía. En ese caso todas las sombras están en dirección Norte-Sur, siguiendo el meridiano. Unas hacia en Norte y otras hacia el Sur.

Debido a los horarios, puede ser difícil hacer la observación a mediodía, tal como se propone en la última cuestión, pero hay dos alternativas.

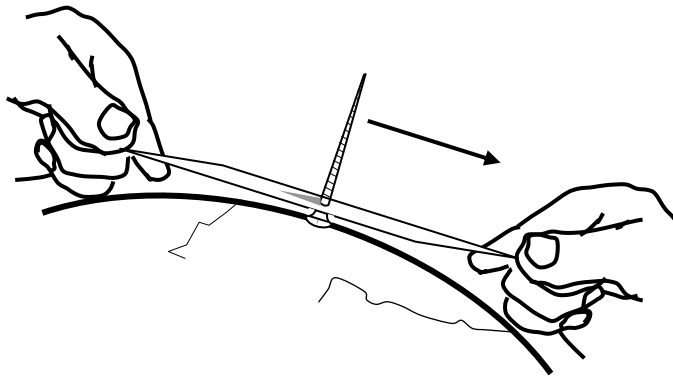
Una es hacerlo a la hora que queramos, pero en vez de tomar lugares de nuestro meridiano, utilizar el meridiano donde en ese momento es mediodía, tal como se explica más adelante, una vez calculado el punto de la Tierra que tiene el Sol en su cenit.

La otra es colocar el globo adecuadamente para simular la iluminación solar a diferentes horas, como se cuenta en el apartado 6.

3.3 - Sol en el cenit

- Ahora vamos a averiguar en qué lugar exactamente de la Tierra el Sol está en el cenit, en lo más alto del cielo, sobre nuestras cabezas, y por ello los objetos verticales no producen sombra. Hay que tener en cuenta que en cada momento este lugar es único y que va cambiando con el paso de las horas y de los días.

- Debes intentar colocar uno de estos gnomones en el lugar adecuado para que no produzca sombra. Para ello, una vez colocado el globo paralelo con suficiente estabilidad, vete deslizándolo por la superficie del globo un tirafondo suficientemente largo, al menos de 4 centímetros, apoyado en su cabeza hasta encontrar el lugar adecuado. Conviene utilizar unas pinzas para que la sombra de los dedos no interfiera, o mejor insertar el tirafondo en una tira de cartulina que se agarrará por los extremos, como en la figura. La sombra (o su ausencia) en una cartulina blanca se apreciará muy bien, e indicará hacia dónde hay que moverse para que desaparezca.



Se comprueba que este lugar que tiene el Sol en el cenit está siempre en la zona intertropical, y según el nivel del alumnado se les puede pedir que razonen el porqué.

Si el eje de la Tierra no estuviera inclinado, el Sol estaría siempre sobre un punto del ecuador.

El eje está inclinado $23,5^\circ$. A veces en dirección a la posición del Sol (en los solsticios) y otras veces en otra dirección.

-¿Cuál debe ser la distancia máxima al ecuador del punto sobre el que está el Sol? ¿La latitud máxima?

Esa distancia corresponde a los trópicos, que los tienes marcados en el globo. Comprueba que el punto que has obtenido está en esa franja intertropical.

Esto se utilizará también en la actividad del apartado 7.

En todos los lugares del meridiano de ese punto es ahora mediodía, aunque en el lenguaje coloquial a la palabra mediodía se le asigna diferentes momentos por reminiscencias de tiempos pasados cuando el horario en vigor era el del Sol.

3.4 Sombras al mediodía en diferentes lugares del meridiano

Aunque la visualización de las sombras al mediodía ya se ha planteado en el apartado 3.2, es posible que por problema de horario la actividad no se pueda hacer a mediodía local, que ocurre alrededor de las 13 o las 14 horas, según el horario de invierno o verano y según la longitud geográfica. Pero una vez conocido el punto que tiene el Sol en el cenit ya no hay problema para hacer el ejercicio, no en nuestro meridiano, sino en el del lugar donde ahora es mediodía.

- *A partir del lugar del listón que no produce sombra coloca otros en el mismo meridiano, más al sur y más al norte. ¿Qué hora será en todos esos puntos?*
- *Fíjate en las direcciones de esas sombras. ¿Hacia dónde se proyectan?*
- *¿Son todas igual de largas?*

4 - SOMBRAS DE EDIFICIOS O MONUMENTOS DE CUALQUIER LUGAR DEL MUNDO EN TIEMPO REAL

Este apartado, aunque no maneje muchos contenidos curriculares, puede ser enormemente motivador para estudiar luego ciertos temas, y además se puede aprender muchas cosas sobre el recorrido de las sombras, recorrido del Sol en cada estación, etc.

También se le puede dar utilidades matemáticas si se usa lo observado en el globo terráqueo para plantear algunos ejercicios de cálculo.

Ahora vamos a dejarnos de las sombras de listones teóricos y vamos a ver situaciones de objetos y edificios reales en tiempo real.

Igual que antes, colocaremos el globo terráqueo paralelo en un lugar soleado y nos aseguraremos de que la orientación es correcta.

Utilizando plastilina o papel realizarás pequeñas maquetas de diferentes edificios famosos como las pirámides de Egipto, la torre de Pisa o la torre Eiffel. Colocándola en el globo terráqueo, sobre el lugar que ocupa en su país y ciudad podréis ver cómo es la sombra que proyecta el verdadero edificio en este momento. Si es muy corta, larga, mayor o menor que la altura del edificio, hacia dónde se dirige, etc.

Te sugerimos varios ejemplos, aunque puedes buscar cualquier otro.

Ejemplo 1- Las pirámides de Egipto

En primer lugar se puede ver cómo es ahora mismo la sombra que están proyectando las pirámides de Egipto. No solo eso, sino averiguar si ahora mismo están dando sombra, ya que debido a la inclinación de las paredes, según la fecha y la hora puede que den sombra o no. También podrás ver cómo es de larga y hacia dónde se dirige.

- Las 3 principales pirámides de Egipto tienen base cuadrada y su altura es $\frac{2}{3}$ de la longitud del lado de la base. Haz una pequeña pirámide de plastilina, respetando aproximadamente su forma, de no más de 1 cm. de lado de la base.

- Como puedes comprobar en el Google Earth Las pirámides tienen sus 4 caras orientadas exactamente a los 4 puntos cardinales,.

Colócala en el globo, en el lugar adecuado y correctamente orientada, y comprueba si ahora mismo da sombra o no.

- Comprueba qué caras están iluminadas por el Sol y cuáles están en sombra.

- Repite la operación dentro de varias horas o en otro mes y compara.

Lo que estás viendo en tu globo terráqueo corresponde exactamente a lo que está ocurriendo ahora mismo en Egipto, suponiendo que allí también haga sol.

Ejemplo 2- La Torre inclinada de Pisa

La utilización de esta conocida torre y la visualización en tiempo real de su sombra tiene el interés adicional de que al estar inclinada, sus sombras no son simétricas respecto al mediodía, ni tampoco en este momento se dirige exactamente hacia el norte. Esto puede hacer razonar con más detalle sobre el recorrido de las sombras y del Sol respecto al horizonte.

- *A partir de varias fotos de Internet o buscando datos de sus medidas e inclinación, intenta hacer la torre de Pisa de plastilina de manera fidedigna: la misma proporción en la altura, diámetro e inclinación.*
- *Teniendo en cuenta la inclinación de la torre, puedes comprobar en Google-Earth que está inclinada hacia es Noroeste. Con este dato coloca la maqueta de manera similar, en el lugar correspondiente del globo y puedes ver como es ahora mismo la sombra.*
- *Como debido a la inclinación la sombra no cambia de manera simétrica, puedes ir viendo si por la mañana es más larga o corta que por la tarde,...*
- *Podrías comprobar incluso, aproximadamente, la hora en que fue tomada la imagen del Google, si te es posible realizar la prueba en fecha no muy distante de la que se hizo la foto, que aparece en el Google-maps.*
- *De todas formas hay que tener en cuenta que una misma posición de la sombra corresponde a dos momentos del año diferentes, por lo que podría dar la casualidad de que coincidiera, aún con meses de diferencia. Si fuera así comprueba la simetría de las fechas respecto al solsticio.*

Ejemplo 3- La torre Eiffel

Con esta torre se puede hacer algo similar que con los anteriores ejemplos, pero ahora iremos incluso más allá. Puede ser enormemente motivador ver en directo detalles muy concretos como el constatar si la sombra de la Torre atraviesa ahora mismo el río Sena o no. Haciendo las cosas con cuidado, se averiguará incluso en qué calle o en qué lugar concreto de París acaba ahora la sombra.



- *Busca con el Google maps la zona de París donde está la Torre Eiffel, imprime un pequeño plano de esa zona (aproximadamente que abarque unos 2 km, pero que en la impresión sean unos 10 cm).*
- *Teniendo en cuenta la escala del mapa haz la torre de plastilina de una altura proporcional. Como puedes comprobar en Internet, mide 300 metros de altura.*

- Coloca el mapa (bien orientado) sobre la zona de París del globo terráqueo. La dirección Norte del mapa debe coincidir con la dirección del meridiano, hacia el Polo Norte.

- Coloca sobre él la maqueta de la Torre, y ¡mira! Ahí tienes la situación. Incluso si conocieses alguien en París podrías llamarle y que te confirme la posición de la sombra.

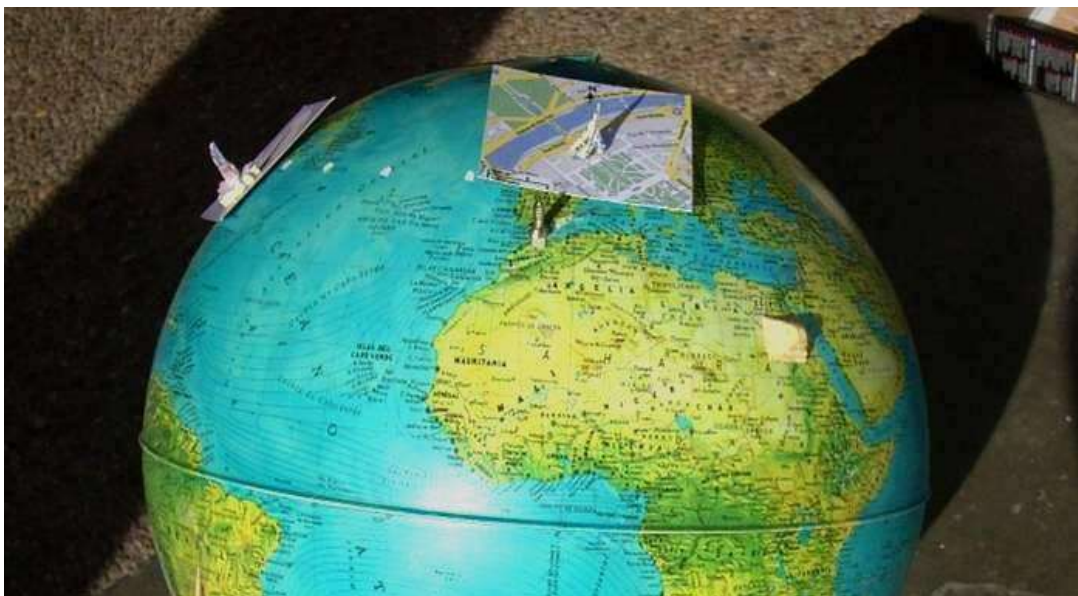
El proceso completo y muy detallado para trabajar con la torre Eiffel, incluyendo la explicación de la colocación del globo, etc, se puede encontrar en la webquest “Jugando con la sombra de la Torre Eiffel”:

<http://www.eibarpat.net/webquest/lasombradelatorreEiffel/>

En esta webquest se incluye una actividad complementaria en la que se propone comprobar por métodos matemáticos que la sombra de la Torre que vemos en el globo se corresponde con la real.

Ejemplo 4- La estatua de la Libertad

En todos los ejemplos anteriores, aunque haya diferencia horaria respecto a nosotros, ésta no es muy grande. Por ello cuando se realice el ejercicio, lógicamente siendo aquí de día, en los otros lugares también lo será. Pero en este caso nos alejaremos bastante más, hasta Nueva York, y las cosas son diferentes.



El valor añadido de este ejemplo es que si hacemos el ejercicio por la mañana, que será lo habitual, en Nueva York no hay sombra porque será de noche. Esto servirá para que el alumnado se percate de una manera más fehaciente de la diferencia horaria, de lo que normalmente no somos conscientes.

Por ello habría que hacer la actividad por la tarde. Si no hay clase a esas horas, se les puede proponer que se lleven la maqueta y el globo terráqueo a casa.

Estos “deberes para casa” (porque no se pueden hacer en el centro), que requieren una investigación, y cuyo resultado es previamente desconocido, en muchos casos son muy motivadores para algunos, y hacen que se impliquen en el tema.

- De manera similar a como se ha hecho en el ejemplo anterior con la Torre Eiffel, a partir de planos y fotos o datos tomados de Internet, puedes hacer una pequeña maqueta de la estatua de la Libertad con su pedestal, colocarla en un plano de cartulina de la pequeña isla donde está (a la misma escala), situar todo ello en la posición de Nueva York en el globo, bien orientado, y comprobar si su sombra queda dentro de la isla o se sale al agua.

- Lástima si ahora no le diera el Sol a tu maqueta ¿Te animas a esperar a que amanezca en Nueva York?. Si es así, anota a qué hora la sombra abandona el agua.

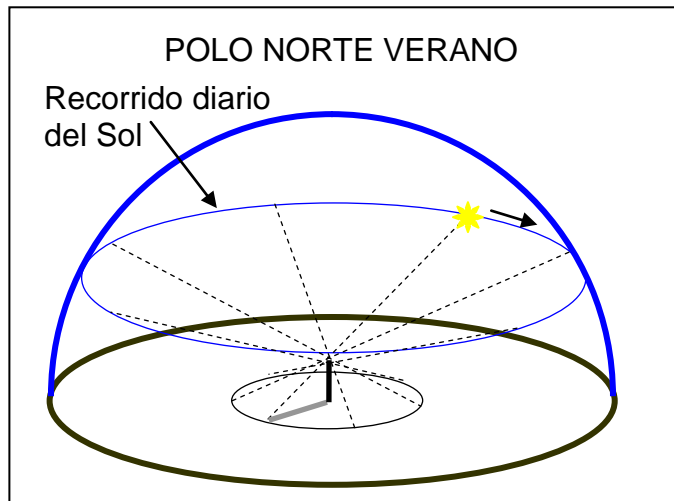
5 - ¿QUÉ HORA ES EN...? RELOJES DE SOL EN EL GLOBO TERRÁQUEO

El globo terráqueo, y su posición paralela a la Tierra tiene también otras utilidades relacionadas con el movimiento aparente del Sol, con el cálculo de la hora y con la didáctica de los relojes de Sol.

En esta actividad se propone realizar unos pequeños relojes de sol ecuatoriales aprovechando este simulador que es el globo paralelo, que por una parte servirán como excusa para entender los fundamentos de su correcta elaboración y uso, además de proporcionar la hora actual en cualquier lugar del mundo en que sea de día.

Reloj solar para el Polo

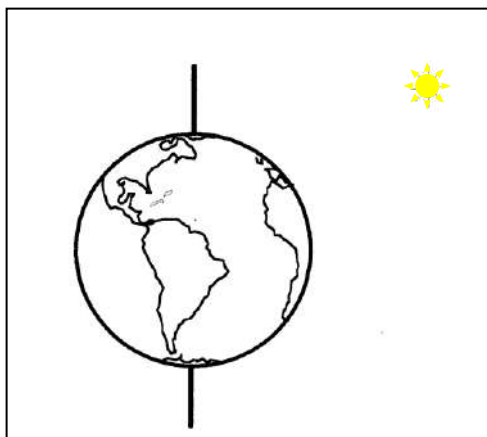
Para comenzar, examinamos la situación en el polo Norte en primavera o verano: El Sol está por encima del horizonte, el eje terrestre allí es vertical, y al girar la Tierra sobre ese eje durante las 24 horas, veremos al Sol moverse uniformemente paralelo al horizonte dando una vuelta completa, como se ve en la figura.



Si no es conocida por el alumnado esta situación se puede visualizar con una lámpara o mejor con el Sol

real, y un globo terráqueo colocado con el eje vertical al que haremos girar. De momento no colocaremos este globo paralelo a la Tierra

- Coge un globo terráqueo, quítale su soporte e introduce una varilla en los agujeros que han quedado en los polos. Esta varilla estará en la posición del eje terrestre.



- Manteniendo la varilla vertical, situado al Sol, haz girar el globo e imagina la Tierra girando sobre su eje (mucho más lento, claro) de manera uniforme.

- ¿Qué pasa con la sombra de la varilla? Se mueve de manera uniforme? ¿Serviría para marcar las horas?

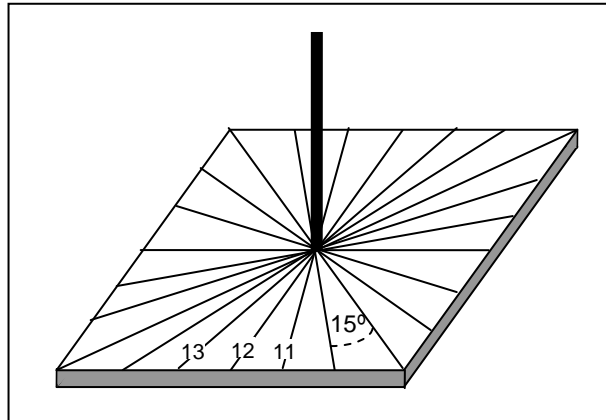
- Si estuviéramos en el polo y quisiéramos marcar las líneas en que está la sombra cada hora para obtener un reloj, ¿Cada cuántos grados habría que marcar una

línea? Ten en cuenta que en 24 horas gira una vuelta (360°).

Basado en esto se comienza construyendo un reloj solar para el polo. Si es primavera o verano, en el polo Norte será de día y colocando ahora el globo paralelo, se visualizará el funcionamiento del reloj en tiempo real.

- Con lo que has visto, vas a elaborar un pequeño reloj de Sol para que funcionase en el Polo Norte.

Utiliza un cuadradito de cartón (es muy adecuado por su consistencia el cartón pluma) de unos 3 cm de lado, en cuyo centro, atravesándolo, colocarás un pequeño palillo. Ya has visto antes, que en el polo la varilla debe estar vertical.



- Ahora hay que marcar las líneas horarias. Como a esta escala es difícil trazar con precisión los ángulos cada 15°, traza primero las líneas que unen las esquinas del cuadrado y las que pasan por los puntos medios de cada lado. Así se obtienen ángulos de 45° que se dividirán en 3 ángulos aproximadamente iguales a ojo.

- ¿Cuántas líneas habrá que marcar? Efectivamente las 24 pues en primavera y verano en el polo el Sol siempre está por encima del horizonte.

- Aunque en el mismo polo no existe una hora solar determinada, sino que son válidas todas las horas, de cara a colocarlo luego en otros lugares debes numerar las líneas, de manera que las 12 quede en el punto medio de uno de los lados. Las demás deben seguir el sentido de las agujas del reloj.

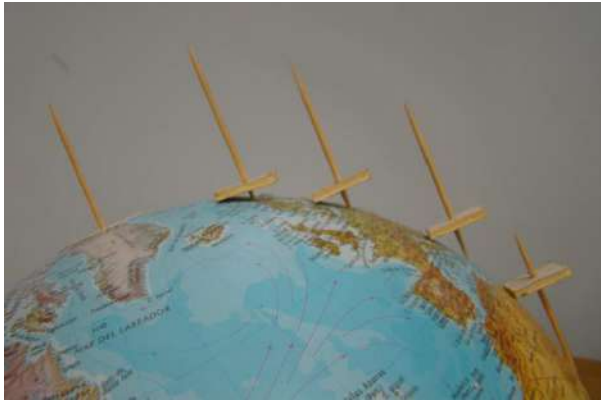
- Colocándolo en el globo paralelo, en el polo, puedes comprobar su funcionamiento

Relojes en otras latitudes

Una vez obtenido este primer modelo que sirve para el polo, en el siguiente paso se ve cómo hay que modificarlo para que funcione en otras latitudes; y para explicar el proceso se construyen varios relojitos iguales al anterior.

Es importante tener en cuenta que ahora hay que marcar también líneas horarias en la otra cara del reloj. Deberán coincidir con la correspondiente de la cara superior y por ello (aunque en principio choque un poco) la numeración deberá aumentar en el sentido contrario de las agujas del reloj.

- Tenías colocado el globo terráqueo paralelo, y un pequeño reloj en el polo Norte (si estamos en primavera o verano), y a ser posible con el Sol real. Si este reloj lo mueves paralelamente, seguirá funcionando porque el Sol está muy lejos y los rayos de luz llegan paralelos a cualquier lugar de la Tierra.



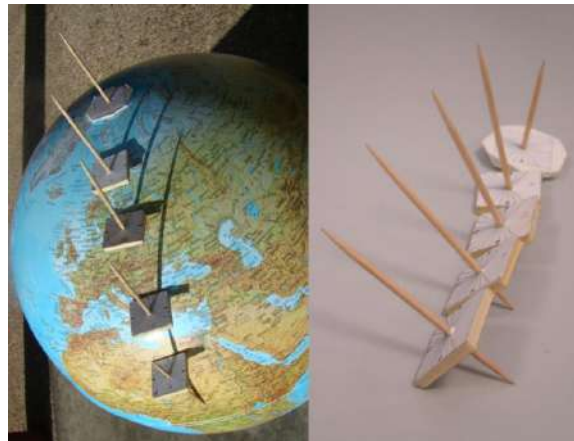
Por lo tanto, para colocar correctamente otros relojes en diferentes lugares del mundo, hay que tener en cuenta que deben estar todos paralelos entre sí y paralelos al que hemos situado en el polo: Compara visualmente las varillas para que queden así, y de cara a poder apoyarlo en la superficie del globo y luego pegarlos con un poquito de cinta adhesiva, debes introducir o sacar

la varilla haciendo pruebas, hasta que al colocarlo en el lugar elegido queden las varillas paralelas, como se ve en las imágenes.

Debido a las diferencias horarias en los distintos lugares del planeta, debes tener cuidado de apoyar en la superficie del globo la arista del reloj que contenga las 12.

-Haz esto con varios de los relojes para diferentes latitudes ($0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, -30^\circ, \dots$) y les colocas todos con el eje paralelo, y con el extremo de la línea de las 12 apoyada en su posición en la superficie del globo terráqueo. ¿Marcan la misma hora?

-Recógelos y colócalos uno al lado del otro anotando en qué latitud estaban, y comprueba que aproximadamente la inclinación del gnomon es la latitud.



En estos ejemplos siempre la parte inferior del gnomon se apoya en el suelo, pero para colocar un reloj de estos en el hemisferio Sur, debe ser la parte superior del gnomon la que toque el suelo.

- Coloca ahora varios relojes sobre el globo paralelo en diferentes países o ciudades, y averiguarás qué hora es en los distintos lugares.

Comprueba siempre que la varilla o gnomon queda paralela al eje terrestre, es decir, a la varilla del reloj que tienes colocado en el polo.

- No debes olvidar que estos relojes marcan siempre hora solar, a veces muy diferente de la hora oficial.



- Por ejemplo comprueba que la hora solar en España y en Alemania es diferente, aunque la hora oficial es la misma. Aunque la diferencia horaria de

Nueva York y tu localidad sea de 6 horas (si estás en España), comprueba que la diferencia en ambos relojes de Sol es menor.

Lo mismo, sabiendo que la diferencia de la hora oficial con Pekín es de 8 horas - Si fuese otoño o invierno ¿En qué cara del reloj debes mirar? ¿Qué pasa con el reloj situado en el Polo Norte en estas estaciones? ¿Por qué?

6 - VISUALIZACIÓN DE SITUACIONES PASADAS Y FUTURAS

Todas las actividades que se pueden realizar con el globo terráqueo paralelo, tanto en el tema de las zonas donde es de noche o de día, como en las que se utilizan sombras, se hacen en tiempo real y los resultados que se obtienen son los que corresponden al momento mismo en que se realiza la actividad.

Pero modificando ligeramente la posición del globo terráqueo es posible visualizar las mismas situaciones para ver lo que ocurría unas horas antes o lo que ocurrirá dentro de unas horas.

Si se utiliza este método, conviene recalcar y dejar claro al alumnado que lo que con él se obtiene no se corresponde con la situación actual. Se pierde la “magia” de ver en directo, pero se gana la de ver el pasado y el futuro.



Para ello, colocaremos sucesivas marcas en el globo a lo largo de nuestro paralelo, separadas por 15° . Si están marcados los meridianos cada 10° que suele ser lo habitual, se colocarán cada meridiano y medio.

- Si la Tierra gira 360° cada 24 horas, ¿Cuántos grados gira cada hora?

Siguiendo tu mismo paralelo coloca una pequeña marca a intervalos de 15° . Si ahora la

posición real de la Tierra respecto al Sol es la que te marca el globo paralelo, y la Tierra va girando 15° cada hora manteniendo fijo el eje, dentro de una hora la posición corresponderá a la de colocar la primera marca hacia el Oeste, arriba del todo. Y según pasen más horas, las sucesivas marcas arriba. De esta manera se obtiene ahora mismo la iluminación que tendrá dentro de una o varias horas.

No solamente sabemos hacer “magia” para ver lo que está ocurriendo muy lejos, sino también podemos “conocer el futuro”

También se pueden obtener posiciones ya pasadas colocando arriba las correspondientes marcas situadas al Este de la nuestra.

Por ejemplo, si quieres saber cómo será la sombra de la Torre Eiffel dentro de dos horas, colocamos arriba la segunda marca hacia el Oeste (a 30° de aquí). En ese punto debes colocar el tirafondo vertical para asegurarte de que está arriba, y orientas el meridiano que pasa por esa marca en sentido Norte-Sur. Solo falta colocar los elementos necesarios, el plano y la maqueta para ver lo que ocurrirá.



Así podremos ver como evoluciona la sombra de la Torre Eiffel o de la estatua de la Libertad a lo largo del día (esta última solo por la mañana porque cuando allí es por la tarde aquí ya es de noche)

Podremos ver como van pasando las horas en cada país en que

hayamos colocado los relojes de sol, cómo efectivamente en invierno en las cercanías del polo Norte siempre es de noche, o siempre de día en el polo Sur.

Todas estas conclusiones que habíamos razonado con datos indirectos se pueden ver ahora como evolucionan.

Se obtiene así una nueva utilidad del globo terráqueo, aunque hay que recalcar que ahora NO está paralelo.

Este método sirve para ver cómo serán las sombras en horas posteriores o anteriores pero no sirve para ver lo que ocurre en otras fechas porque la declinación del Sol va cambiando según transcurren los días, y con ello las posiciones relativas del mismo.

7 - MEDICIÓN DE LA TIERRA

Utilizando el globo terráqueo paralelo se puede llevar a cabo un experimento muy didáctico e ilustrar un hecho histórico-científico relevante.

En el siglo III A.C. Eratóstenes de Alejandría consiguió medir con gran exactitud el tamaño de nuestro planeta, utilizando simplemente la medida de la sombra de un listón o una columna.

El relato de esta experiencia puede encontrarse fácilmente en muchas publicaciones y en internet, aunque quizás donde más claramente aparece explicada es en el capítulo 1 de la famosa y antigua serie documental COSMOS de Carl Sagan, difundida ampliamente por televisión.

Eratóstenes utilizó en realidad 3 datos para hacer sus cálculos. El primero, cuyo conocimiento por parte del sabio bibliotecario de Alejandría dio origen a todo el proceso, fue la circunstancia que había llegado a sus oídos de que en un lugar del alto Egipto, donde hoy está situado Asuán, el día del solsticio de verano, a mediodía las columnas del templo no daban sombra y el Sol se reflejaba en el fondo de un pozo, porque en ese momento estaba en la vertical del lugar.

El segundo dato fue la constatación de que en Alejandría, situada más al norte casi en el mismo meridiano, esto no ocurría. Y midiendo una columna y su sombra, calculó que el Sol formaba un ángulo de 7° con la vertical.

Y el tercer dato fue la distancia entre los dos lugares, que resultó ser 800 km.

El cálculo mediante una proporción no fue difícil: si en 800 km la Tierra se curva 7° , en la circunferencia completa de 360° , efectivamente concluyó que el meridiano terrestre medía unos 40.000 kilómetros, por supuesto todo medido en estadios, que era la unidad de longitud que se usaba.

Esta experiencia, realizada con gente joven, es muy motivadora e instructiva. Como no se puede repetir exactamente igual que lo hizo Eratóstenes, se suelen realizar con diferentes variantes. En todas ellas se requieren varios colaboradores, lejanos entre sí, normalmente situados en el mismo meridiano, que justo a mediodía hacen la medición de las sombras y comparando los datos de unos y otros se calcula el resultado.

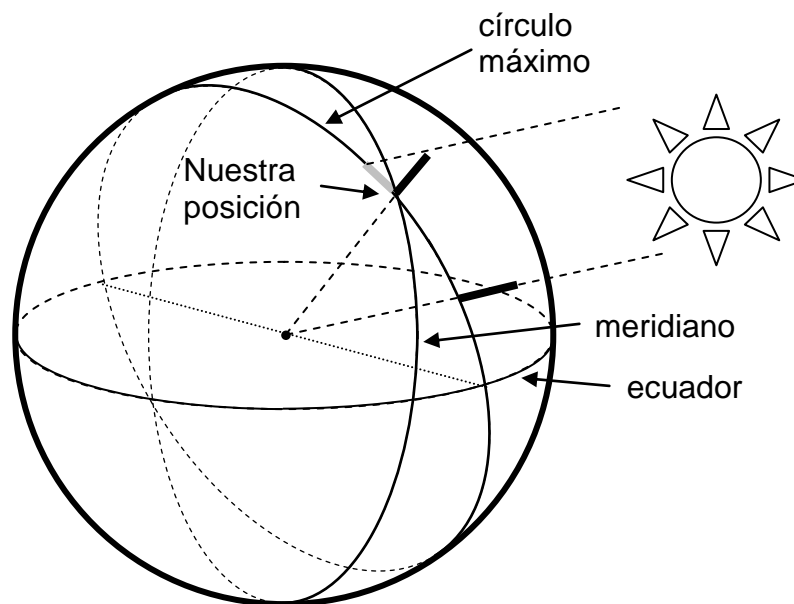
Sin embargo todos estos métodos pueden tener problemas muy serios. Es totalmente necesario que haga sol en los diferentes lugares en el momento del mediodía, lo cual frecuentemente no ocurre y provoca frustración en el alumnado. Si solo son dos grupos, se puede volver a intentar repetidamente hasta que haya suerte, pero a veces son más, con lo cual el que haya tenido nublado, si varios tuvieron sol, se queda colgado.

Utilizando el globo terráqueo paralelo puede hacerse una variante del experimento con la que se soluciona totalmente el problema.

El alumnado toma los datos en cualquier momento que haga sol, aunque no sea mediodía, y no depende de otros grupos de otros lugares lejanos.

Además el diseño del experimento es mucho más parecido al de Eratóstenes porque, a diferencia de otros, se utilizará el lugar de la Tierra donde en ese momento el Sol esté en la vertical, tal como hizo el sabio griego.

La clave es que en vez de medir un meridiano, se medirá un círculo máximo (que tiene la misma longitud). Concretamente se considera el círculo máximo que pasa por nuestra localidad y el punto de la Tierra que en ese momento tiene el Sol en el cénit. En ese círculo máximo estará situada la sombra de cualquier objeto vertical de nuestra localidad, según se ve en el gráfico.



- Tu profesor te habrá explicado el método que utilizó Eratóstenes para medir la Tierra. Tú vas a hacer algo muy parecido. Observa el gráfico y fíjate que en el Siglo III AC se calculó la longitud de un meridiano, y tú vas a calcular la longitud de un círculo máximo, que miden lo mismo porque un círculo máximo tiene su centro en el centro de la Tierra.

- Dos lugares cualesquiera de la Tierra siempre están unidos por un círculo máximo. Utilizarás el lugar en que estás tu y el lugar en que ahora mismo el Sol está en la vertical.

- Primero hay que averiguar cuál es ese lugar donde ahora no hay sombras porque el Sol está en todo lo alto. Para ello coloca el globo terráqueo paralelo al Sol, y haz lo que se describe en el apartado 3.3. Anota el nombre o referencias del lugar.

- Utilizando el programa Google-maps de Internet, calcula la distancia entre ese punto y tu localidad.

- Coge un listón y colócalo vertical sobre el suelo (puede servir el mango de un recogedor de basura como el de la figura)



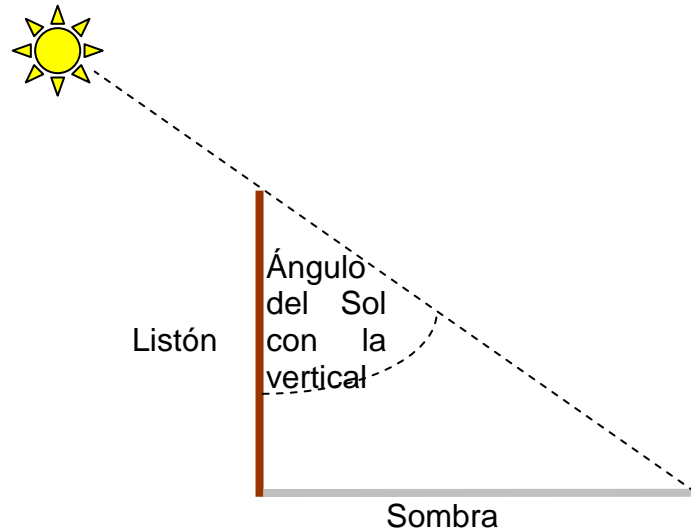
- Conviene comprobar con un nivel que el suelo está bien horizontal para que el resultado sea lo más exacto posible.
- Mide la longitud de la sombra y la longitud del listón.
- Utilizando la trigonometría o la semejanza de triángulos, calcula el ángulo del Sol respecto a la vertical, tal como se explica a continuación.

a) Por trigonometría

- Si conoces la trigonometría, utiliza la razón trigonométrica adecuada y con la ayuda de una calculadora obtén el ángulo que forma el Sol con la vertical:

Ten en cuenta que en el problema intervienen los dos catetos y un ángulo. ¿Qué razón trigonométrica relaciona esos datos?

- Calcula el valor de esa razón y mediante la razón inversa en la calculadora obtén el valor del ángulo.



b) Utilizando triángulos semejantes

- Debes dibujar el triángulo rectángulo formado por el listón, la sombra, y el rayo de sol que pasa por los extremos del listón y de la sombra. Utiliza una regla y un cartabón para dibujar los catetos. Como las medidas reales no te cabrán en la hoja, deberás hacerlos proporcionales a los valores reales.

- Si los lados del triángulo real y el que has dibujado son proporcionales ¿Cómo son los ángulos? Mide con un transportador de ángulos el que forma el Sol con la vertical en tu dibujo, y ya tienes resuelto el problema.

- Mediante una proporción, como hizo Eratóstenes, calcula la longitud del círculo máximo, utilizando el ángulo que has calculado y la distancia obtenida en Internet.

- Una vez calculada la longitud del círculo, puedes calcular también el radio de la Tierra utilizando la fórmula de la longitud de una circunferencia.

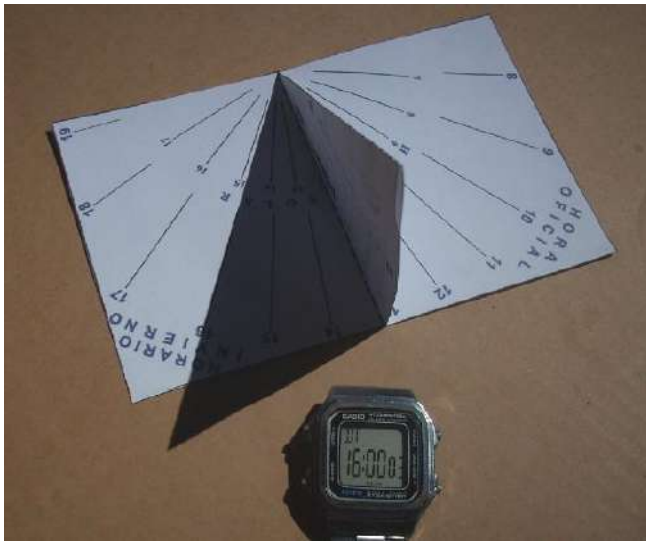
Este mismo ejercicio se puede encontrar siguiendo una metodología más secuenciada en la webquest "Midiendo la Tierra":

<http://www.eibarpat.net/webquest/midiendolatierra/> , elaborado por Lydia Fernández de Luco y el autor de este trabajo.

ANEXO 1 - ELABORACIÓN DE UN RELOJ SOLAR - BRÚJULA

Para colocar adecuadamente el globo terráqueo paralelo, hay que orientarlo lo más exactamente posible. Se hace necesaria una brújula magnética, o mejor, una que el alumnado pueda construir fácilmente con cartulina mediante un recortable, y que usada con cuidado puede dar incluso más precisión que las brújulas magnéticas porque indica el norte geográfico y no hay que corregir la declinación magnética.

Se trata de un sencillo reloj de sol que, colocado en el suelo junto al globo terráqueo, se irá girando hasta que marque la hora correcta. En ese momento la dirección que indica la parte superior del gnomon (triángulo cuya sombra marca la hora) será el Norte.



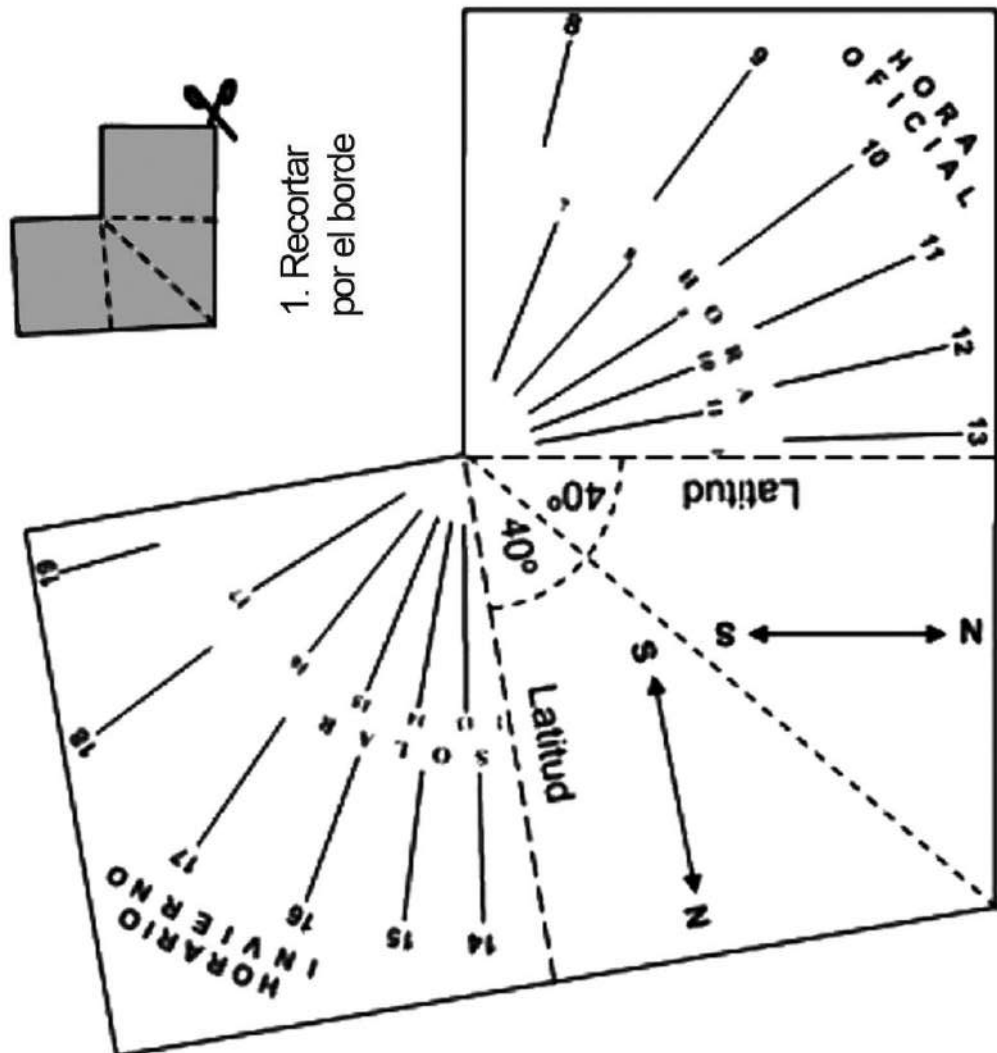
Este reloj solar es diferente según la latitud del lugar en que se vaya a usar

Se proporciona en la página siguiente el recortable para elaborar el reloj apropiado para una latitud de 40° que corresponde a la zona central de la península Ibérica, y que

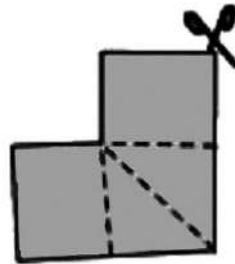
proporciona una orientación suficientemente válida para lugares que no se alejen en más de 2° hacia el Norte o hacia el Sur.

Si es necesario, se puede imprimir ampliado el recortable:

Reloj solar - Brújula



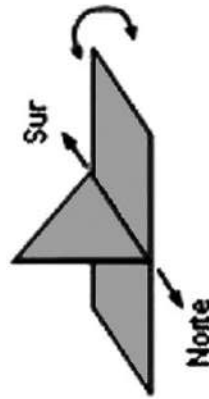
latitud 40° N - longitud 4° O



1. Recortar por el borde



2.- Doblar y pegar por el interior



3. Orientar

Para orientarlo, se pone al sol, en un lugar horizontal, y se va girando hasta que indique la hora correcta.

Este reloj solar hace también función de brújula: si lo orientamos por este método, nos indica los puntos cardinales

Precisión como brújula:

Teniendo en cuenta que este instrumento marca el Norte geográfico y no hay que corregir la declinación magnética, siempre que se use correctamente tiene una precisión similar o incluso mayor que una brújula convencional.

El inconveniente que se le puede achacar a esta brújula es que solo funciona cuando hace sol. Pero como la vamos a utilizar en unas actividades que solo se pueden realizar en momentos soleados, siempre nos servirá.

Únicamente es importante, durante la vigencia del horario de verano, no olvidar sumar una hora en los números de la escala exterior que indican la hora oficial (si miramos la orientación a las 11, la sombra debe estar en la línea con el 10), y si se quiere una lectura exacta habría que sumar o restar los minutos que indica la ecuación del tiempo. Por ejemplo a principios de noviembre hay que colocarlo de manera que marque 16 minutos más que nuestro reloj de pulsera.

En cualquier caso, y aún sin corregir este factor, el error máximo será inferior a 3°, menor que la diferencia que muestran las brújulas magnéticas.

El instrumento está diseñado para la longitud 4° Oeste por corresponder a la zona central de la península en esa latitud. Para otros lugares, hay que corregir la hora en 4 minutos por cada grado de longitud. Por ejemplo si estamos a 6° O. hay que ir girando el reloj hasta que la sombra marque 8 minutos menos que la hora real. Si estamos al Este, lo contrario.

Para lugares muy distantes de la península, e incluso para Canarias, se pueden conseguir en este enlace:

www.eibarpat.net/webquest/lasombradelatorreEiffel/documentación/latitud.htm

Por supuesto, sería válido cualquier otro reloj de Sol horizontal que el alumnado hubiera elaborado.

ANEXO 2 - INDICADOR DE DIRECCIONES A TRAVÉS DE LA TIERRA

En el proceso de colocar el globo terráqueo paralelo, se utiliza una idea que al principio resulta sorprendente y suele costar aceptar: -Teniendo en cuenta nuestra dirección relativa de “arriba” y “abajo”, nosotros estamos siempre en la parte de más arriba del mundo, y el resto de los lugares del mundo se encuentran más abajo-.

Puede ser muy clarificador visualizar, con un elemento tangible, la dirección en la que están diferentes ciudades o puntos destacados del planeta, tal como en la actividad del globo paralelo hacia el alumnado indicándolo con la mano.

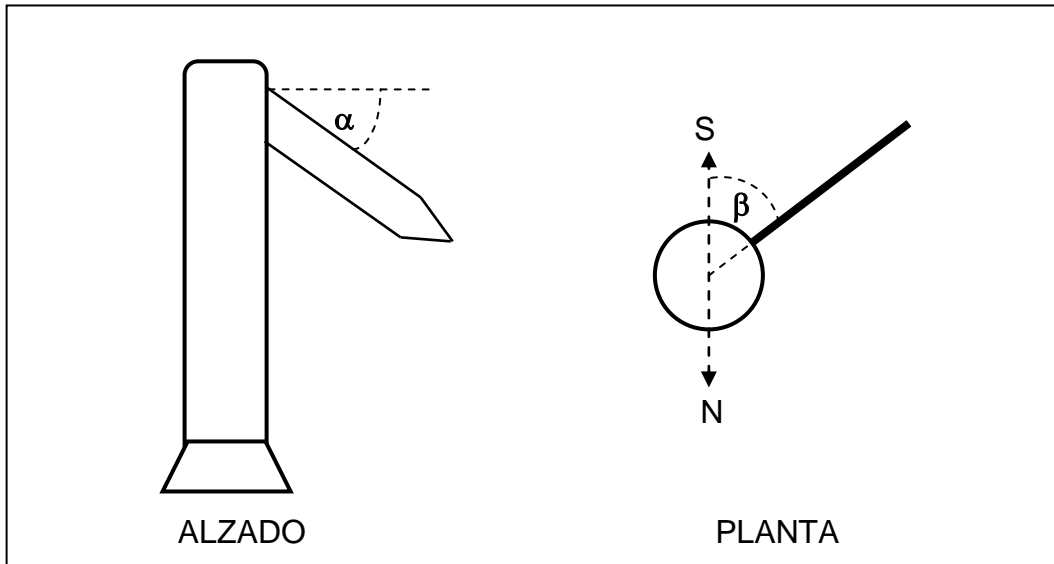
Este elemento no es costoso ni difícil de elaborar en clase e incluso se lo pueden llevar luego a su casa para utilizarlo allí. Sería un artilugio como los de la figura, un indicador en el que apareciesen las direcciones de varias ciudades a través del interior de la Tierra, y la verdadera distancia a la que se encuentran, no viajando por la superficie terrestre, sino atravesando el planeta.



El alumnado de una cierta edad, sobre todo si ha trabajado la madera en clase de tecnología, puede intentar hacer el modelo en madera, que una vez barnizado queda muy vistoso, incluso sirve de adorno para colocar encima de una mesa o de cualquier mueble, pero lo habitual sería hacer el modelo de cartón, utilizando un tubo de la parte interior de un rollo de papel de cocina, por ejemplo, y otras piezas de cartón.

Para cada uno de los lugares que elijamos hay que hacer un indicador (un rectángulo alargado acabado en forma de flecha) que muestre la dirección hacia donde está la ciudad y la distancia a la que se encuentra.

- La dirección viene dada por dos ángulos: la altura o ángulo α vertical desde la dirección horizontal que será siempre negativa (hacia abajo) y el azimut o ángulo β horizontal a partir de la dirección Sur.
- La distancia se calculará también a partir del ángulo α .



Para calcular estos ángulos y distancia se pueden utilizar dos métodos diferentes; el primero más intuitivo y visual utilizando un globo terráqueo, y el segundo a partir de las coordenadas geográficas utilizando fórmulas de trigonometría esférica. Lógicamente el segundo método da una exactitud mayor, pero por su excesivo nivel, aquí solo se describe el primero.

Incluso alguno de los cálculos puede ser complicado para los pequeños, y en ese caso se les podría proporcionar directamente el resultado para que elaboren el indicador con ellos.

- Cálculo de los datos

En un globo terráqueo se coloca y pega en nuestra localidad un pequeño círculo graduado con la dirección de los puntos cardinales, y se gradúan los ángulos, por ejemplo cada 10 grados.

Si es problemático trazarlo tan pequeño, se puede elaborar más grande con el ordenador, luego reducirlo e imprimirlo.





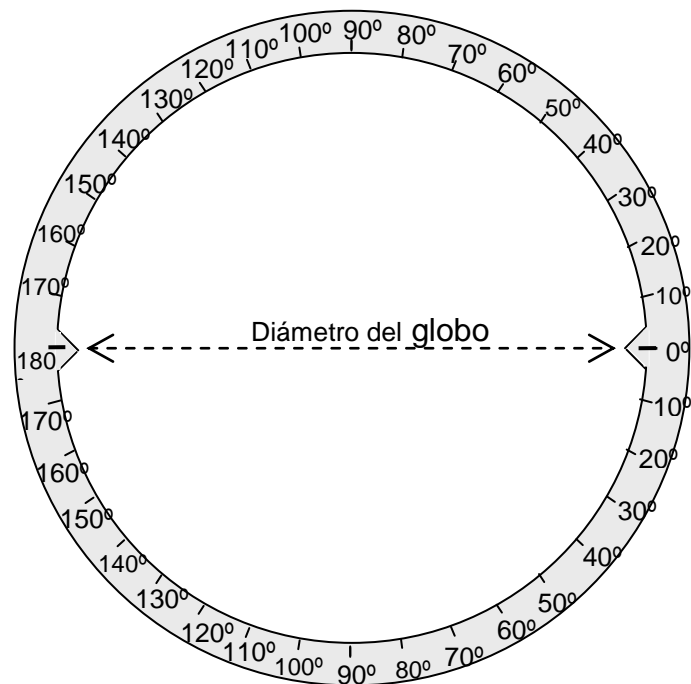
Se construye un anillo de cartón, como el que se describe al final de la actividad 1.4, cuyo diámetro interior sea ligeramente superior al diámetro del globo terráqueo con dos pequeñas puntas interiores que se adapten al globo, y a partir de uno de esos dos puntos, se gradúa de 0 a 180 grados en los dos sentidos. Se coloca alrededor del globo terráqueo, de manera que el punto 0 esté en nuestra localidad (A) y el punto 180

en las antípodas, como el de la figura.

Apoyando siempre en estos dos puntos, se gira de manera que pase por nuestra localidad y por (B), cuya posición queremos determinar, igual que se proponía en la actividad 1.4 de este trabajo cuando se quería establecer un rumbo, pero ahora leeremos ángulos.

Esta posición nos proporciona dos valores: por un lado en la pegatina graduada veremos la orientación del anillo sobre la misma: el ángulo en horizontal β (el rumbo), y por otro lado en la escala del propio anillo leeremos la distancia al punto B indicada en grados: γ .

Si se ha hecho el anillo de la actividad 1.4 graduado en kilómetros, se puede utilizar ahora, mediante una proporción para pasar la medida a grados, teniendo en cuenta que los 360° corresponden a 40.000 kilómetros en un círculo máximo.



En la escala graduada del anillo leeremos o calcularemos el ángulo γ correspondiente a la posición de la localidad B, desde A.

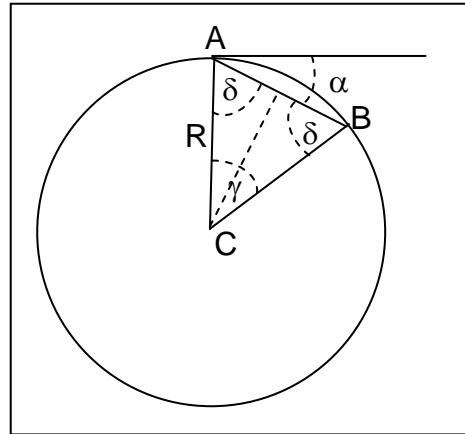
El ángulo α que se debe poner como altura en el indicador será la mitad de este ángulo γ , según se deduce en el gráfico, puesto que:

$$\delta + \delta + \gamma = 180$$

$$2\delta = 180 - \gamma$$

$$\delta = (180 - \gamma) / 2 = 90 - \gamma/2$$

$$\alpha = 90 - \delta = 90 - (90 - \gamma/2) = \gamma/2$$

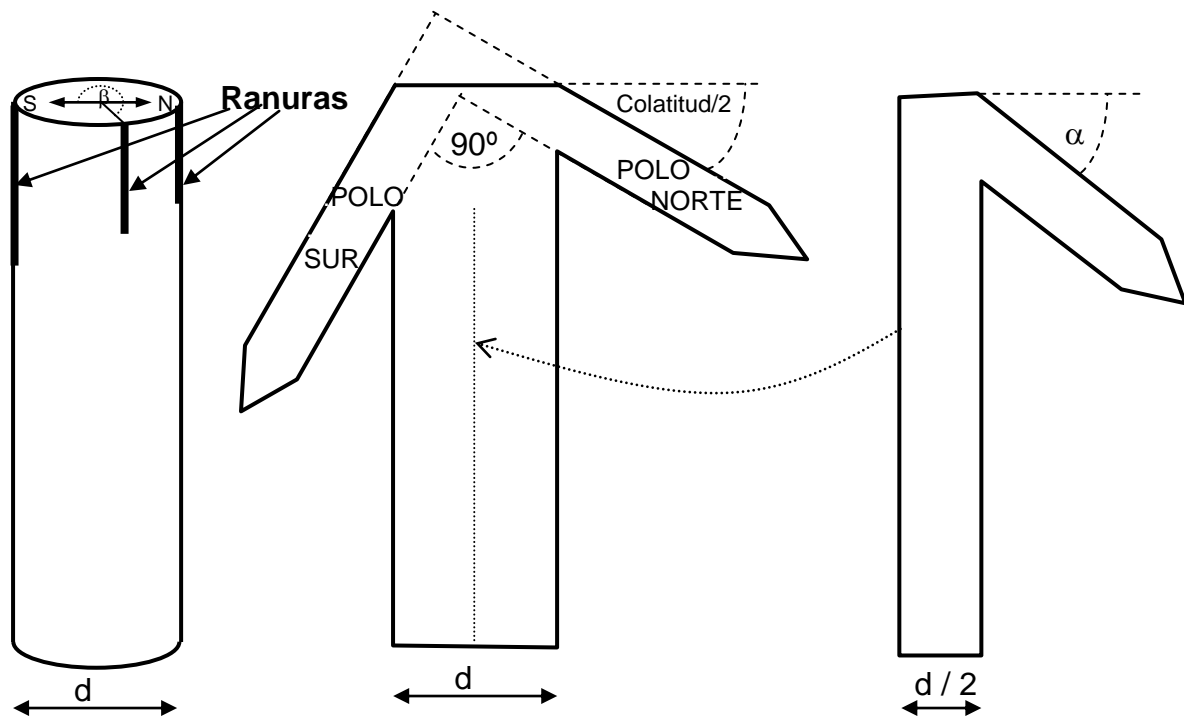


Por lo tanto tomamos el ángulo vertical α como la mitad del ángulo medido en la escala del anillo graduado.

La distancia entre las dos ciudades se calcula a partir del ángulo γ , teniendo en cuenta que al dividir el triángulo isósceles ABC de la figura en dos triángulos rectángulos $AB = 2 \cdot R \cdot \text{sen}(\gamma/2) = 2 \cdot R \cdot \text{sen}(\alpha)$, donde R es el radio terrestre = 6.372 km.

Un modelo sencillo para construir en clase puede hacerse con un tubo de papel de cocina, que servirá de columna soporte, y las flechas indicadoras hechas con cartón o cartulina, según uno de los modelos de la foto.

Las flechas indicadoras de ambos polos se pueden hacer en una misma pieza de cartón porque lógicamente quedan en el mismo plano en la línea Norte-Sur. Se introduce su base dentro del cilindro según uno de sus diámetros, una vez hechas dos ranuras en la parte superior, y sobre esta pieza se van pegando los demás en el interior del tubo, cada uno también colocado en la ranura o corte que se habrá hecho en el tubo con la dirección adecuada.



d= Diámetro interno del tubo

A modo de ejemplo se dan los datos para el indicador para colocar en Madrid, latitud $40,24^\circ$ Norte, longitud $3,41^\circ$ Oeste.

Se han obtenido utilizando las fórmulas, y pueden utilizarse cuando el objetivo sea únicamente obtener el elemento:

NUEVA YORK Angulo horizontal del N. hacia el OESTE: $63,5^\circ$

Ángulo hacia abajo: $25,7^\circ$ Distancia: 5532 km

TOKIO Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: $32,2^\circ$

Ángulo hacia abajo: $47,7^\circ$ Distancia: 9427 km

BUENOS AIRES Angulo horizontal del N. hacia el OESTE: $137,5^\circ$

Ángulo hacia abajo: $45,2^\circ$. Distancia: 9043 km

SIDNEY Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: $80,9^\circ$

Ángulo hacia abajo: $79,4^\circ$. Distancia: 12529 km

JOHANESBURGO, Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: $150,7^\circ$

Ángulo hacia abajo: $36,3^\circ$. Distancia: 7543 km

PARIS Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: $24,1^\circ$

Ángulo hacia abajo: $4,5^\circ$. Distancia: 1010 km

WELLINGTON Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: $147,4^\circ$

Ángulo hacia abajo: $88,8^\circ$. Distancia: 12741 km

ESTAMBUL Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: $77,6^\circ$

Ángulo hacia abajo: $12,2^\circ$. Distancia: 2701 km

POLO NORTE Angulo horizontal del N. Hacia el ESTE: 0°

Ángulo hacia abajo: $24,9^\circ$. Distancia: 5362 km

POLO SUR Angulo horizontal del N. hacia el OESTE: 180°

Ángulo hacia abajo: $65,1^\circ$. Distancia: 11561 km

Para cualquier otra localidad de la península los números son muy parecidos, excepto quizás el de París.

Como en los ángulos en la práctica no se obtiene tanta precisión al colocar los indicadores, pueden servir perfectamente los que aquí se dan; y en cuanto a las distancias, si se redondean se obtienen valores aceptables, excepto el de París que variará según el lugar de origen; pero al ser un lugar cercano puede obtenerse un valor aceptable midiéndolo en un mapa que no recoja una extensión más amplia que el oeste de Europa, en el que figure una escala adecuada.

También puede hacerse un indicador de este tipo de gran tamaño que se puede colocar utilizando una columna, como el de la imagen.



Cualquiera de los modelos, colocado junto a un globo terráqueo paralelo, ilustra y ayuda a visualizar la posición real respecto a nuestra referencia, de otros lugares de la Tierra, y a entender la posición del globo paralelo.



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados. También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente colección.

Más información en www.apea.es

