GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD
FECYT FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA
MUNCYT MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Cervantes, Tratar del Universo Todo

Cuaderno didáctico

El objetivo del cuaderno didáctico es aportar sugerencias de explotación para:

- Monitores del MUNCYT.
- Profesores o personas acompañantes de grupos escolares.

El cuaderno ofrece ideas para la explotación didáctica basados en los contenidos planteados en los módulos o de contenidos relacionados que, aunque no se formulen expresamente en los módulos, puedan ser tratados en la visita al exposición o posteriormente.

Relación de citas de El Quijote incluidas en la exposición:

INTRODUCCIÓN

La descripción de **Cervantes** pertenece a la introducción a ***Novelas ejemplares***. Era habitual que en la introducción de los libros, los editores incluyeran un retrato del autor. En este caso **Cervantes** opta por autodescribirse, por lo que no hay retrato. Como se explica en el panel no hay certeza de que ninguno de los retratos conocidos sea realmente de **Cervantes**.
Libro 2 - capítulo 44

LA CIENCIA DE LAS ESTRELLAS

Introducción. Libro 1 - capítulo 34
Reloj nocturno. Libro 2 - capítulo 29

EL TAMAÑO RELATIVO DE LAS COSAS

Introducción. Libro 1 - capítulo 37
Medidas de longitud. Libro 1 - capítulo 16
Medidas de superficie. Libro 1 - capítulo 1
Medidas de Capacidad:
- Para vinos. Libro 2 - capítulo 20; Libro 2 - capítulo 56
- Para granos. Libro 2 - capítulo 50; Libro 1 - capítulo 9

Medidas de peso. Libro 2 - capítulo 66

GIGANTES DE BRAZOS LARGOS

Libro 1 - capítulo 8; Libro 1 - capítulo 20; Libro 2 - capítulo 29

INTRODUCCIÓN

Aspectos generales relacionados con la exposición.

El título de la exposición, ***Tratar del universo todo***, hace referencia, tal como se menciona en el panel de entrada, al párrafo de ***El Quijote*** en que **Cervantes** explica que el libro, más allá de las aventuras de sus protagonistas, contiene numerosos ejemplos de los conocimientos científicos del momento y, aún, contiene numerosas costumbres y tradiciones que lo convierten en un texto muy rico en referencias sobre el estado de la ciencia en su época.

Es sabido que **Cervantes** une a sus dotes como escritor los conocimientos derivados de la intensa vida que pareció vivir, sus conocimientos de astronomía, navegación, armas y costumbres de diferentes lugares, reflejan bien la experiencia vital del escritor.

Una de estas facetas es el contacto que **Cervantes** mantenía con los círculos de discusión científica en Madrid, se sabe que frecuentaba los debates de la ***Academia de Matemáticas*** y que este lugar era el núcleo de importantes intercambios sobre lo que acontecía en casi todos los ámbitos de las ciencias.

Hemos incluido junto con este cuaderno un documento del doctor **García Tapia** donde se describe bien la actividad científica del momento. Su lectura puede ayudar a comprender la riqueza de conocimientos con los que **Cervantes** se relacionaba y que, de una manera discreta, va desgranando por boca de sus personajes.

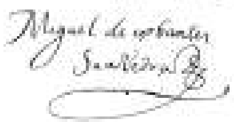
> *En Madrid existía una real institución, la Academia de Matemáticas, primera academia científica del mundo dedicada a las ciencias. Por matemáticas se entendía entonces todas sus aplicaciones, incluida la ingeniería. Fue fundada por Juan de Herrera, gran arquitecto, ingeniero, científico, y en ella se formaban, aparte de los cosmógrafos, pilotos y militares, ingenieros de todo tipo. Incluso hubo un intento de poner academias de matemáticas en varias ciudades españolas, como en Valladolid, no prosperando por falta de apoyo de los concejos locales.*
>
> **N. García Tapia**
> ***Ciencia y tecnología en la España del siglo XVI***

Sin embargo, incomprensiblemente, todo esta competencia no forma parte del acervo cultural actual. En la exposición hemos incluido una breve recopilación de algunos de estos personajes.

Hay que añadir a todos estos personajes, las importantísimas figuras europeas coetáneas de **Cervantes**, como **Galileo**, **Johannes Kepler**, **Francis Bacon** o **René Descartes**, que dan una idea de la ebullición ideológica del momento.

Éste que veis aquí, de rostro aguileño, de cabello castaño, frente lisa y desembarazada, de alegres ojos y de nariz corva, aunque bien proporcionada; las barbas de plata, que no ha veinte años que fueron de oro, los bigotes grandes, la boca pequeña, los dientes ni menudos ni crecidos, porque no tiene sino seis y ésos mal acondicionados y peor puestos (…), la color viva, antes blanca que morena; algo cargado de espaldas (…); este digo que es el rostro del autor de la Galatea y de don Quijote de la Mancha (…). Llámase comúnmente Miguel de Cervantes Saavedra. Fue soldado muchos años, y cinco y medio cautivo (…). Perdió en la batalla naval de Lepanto la mano izquierda de un arcabuzazo (…).

Novelas Ejemplares, prólogo



No existe en realidad ningún grabado ni cuadro que, con seguridad, represente a Miguel de Cervantes. El retrato que aquí usamos, atribuido a Juan de Jáuregui y conservado en la Real Academia de la Lengua, como todos los demás, parece que está basado en la descripción que él mismo hace en las Novelas Ejemplares.

Cervantes, Tratar del Universo Todo

"[…] y pues se contiene y cierra en los estrechos límites de la narración, teniendo habilidad, suficiencia y entendimiento para tratar del universo todo, pide no se desprecie su trabajo, y se le den alabanzas, no por lo que escribe, sino por lo que ha dejado de escribir"

Quijote, II, XLIV

En numerosas ocasiones, Cervantes juega con el lector insinuando que él no es el autor del Quijote.

Así, en la entrada del capítulo XLIV de la segunda parte, atribuye la autoría a un supuesto escritor árabe, Cide Hamete, quien se queja de que los lectores, distraídos por las aventuras de don Quijote, no reparen en todas las referencias cultas y científicas que el libro contiene.

Los módulos con los que vas a jugar están basados en algunas de las aventuras del Quijote. Prepárate a conocer la tecnología y resolver los mismos problemas que tenían en aquella época.

- Los avances en el conocimiento de la Tierra y su relación con el Universo facilitan la apertura de nuevas rutas para la exploración y el intercambio en todo el planeta. Enfréntate a las dificultades para orientarse y encontrar una ruta en espacios abiertos, como el océano o una gran meseta sin referencias claras.
- Conoce las diferentes medidas, sus correspondencias y la inexactitud derivada de la variedad según culturas, áreas geográficas y tradiciones, un problema que no acabaría de resolverse hasta siglo XIX con el sistema métrico decimal... ¡200 años después!
- Experimenta con los mecanismos de transferencia de energía usados en los molinos de viento manchegos. En su enorme simplicidad, condensan toda la capacidad del conocimiento tecnológico popular.

La Ciencia de las Estrellas

La importancia de esta sección radica en comprender la dificultad de orientarse en espacios abiertos, sin referencias visibles, como grandes planicies o el mar. Es importante que los niños comprendan que la orientación solo es posible en relación a algún objeto del paisaje, montañas, edificios.., y que la ausencia de referencias nos deja completamente desorientados.

Conviene poner a los niños en la situación: Estás en mitad del océano, ya no ves tierra, por lo que no tienes referencias. Quieres llegar hasta, por poner un ejemplo, la isla en la que una vez escondiste un tesoro.

En primer lugar es necesario contar con mapas para determinar nuestra posición y la del lugar a donde queremos llegar. Esto implica que alguien con anterioridad ha tenido que hacer los mapas, lo que no siempre sucedía en el caso de los nuevos territorios objeto de exploración o en las nuevas rutas para navegar, por ejemplo, de Filipinas hasta la costa de América en la época de Cervantes.

Probablemente las distancias a recorrer en el mar no sean comprensibles para los niños, sería interesante hacerles ver, mediante comparaciones, lo que supone navegar los más de 6000 km de distancia entre Canarias y Cuba, por ejemplo.

Para poder orientarnos tenemos que recurrir a lo que vemos en el cielo y a máquinas que nos ayudan en esta tarea.

La referencia más clara cuando no hay objetos a la vista son las

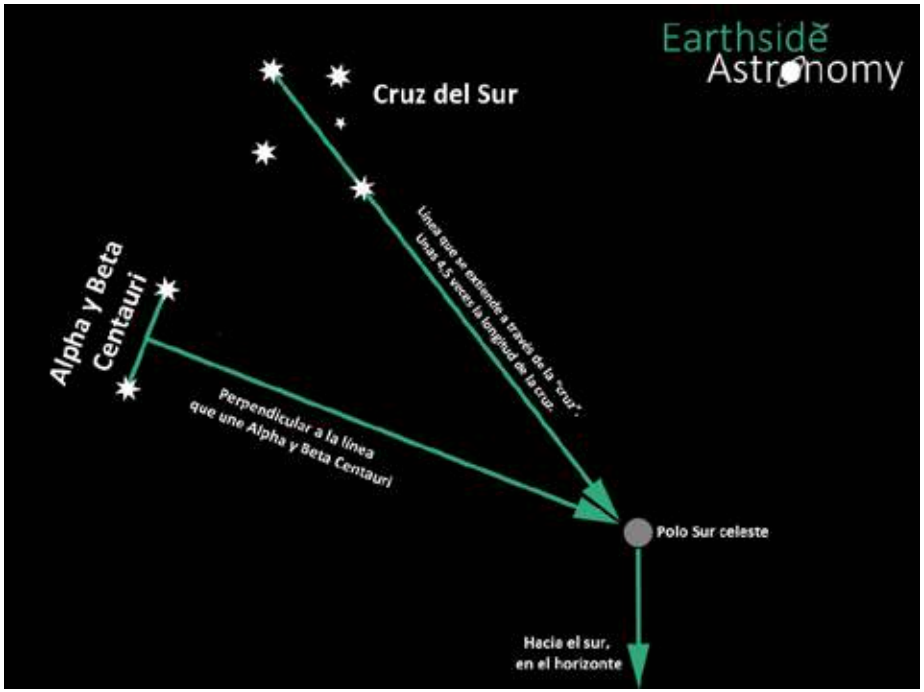
estrellas y la Luna, por la noche, y el Sol durante el día. Estos objetos varían su posición con el paso de las horas, por lo que para determinar nuestra posición en un espacio abierto es necesario conocer y comprender el movimiento de estos objetos. Es muy importante recordar que estos objetos celestes se mueven en apariencia, pero que, en realidad, es la Tierra la que cambia su posición debido a los movimientos de traslación y rotación principalmente.

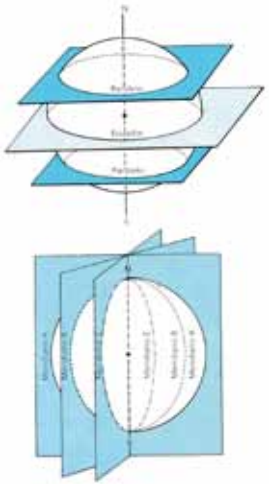
Conviene mencionar a los niños que en la actualidad los satélites que rodean a la Tierra facilitan información que nuestros dispositivos móviles y los aparatos de GPS interpretan para mostrarnos nuestra ubicación y que gracias a ellos podemos trazar una ruta hasta nuestro destino. Pero esto solo sucede desde hace unos 30 años, que anteriormente y, por supuesto, en la época en la que vivía Cervantes la única manera de orientarse era con la ayuda de los objetos celestes.

La **brújula** es desde muy antiguo el objeto que mejor ha servido al propósito de la orientación. Puede introducirse la idea del origen de su invención (en China). Es un buen momento para hablar de las propiedades magnéticas de algunos materiales y cómo estos son afectados por el magnetismo de nuestro planeta. Según la edad de los niños puede realizarse una pequeña actividad con agujas o alfileres imantados y un vaso con agua, o con un pequeño imán de barra atado a un cuerda para hacer visible el movimiento de objetos imantados en relación al planeta.

En el **módulo de la brújula** se emplea un modelo para trazar la ruta entre Alcalá de Henares y otros lugares de las aventuras del Quijote. Se trata de que los niños comprendan cómo trazar una ruta usando la brújula. En el propio mapa se ha incluido una rosa de los vientos para que, a partir de ella, los niños puedan determinar la ruta a seguir para llegar, por ejemplo, a Barcelona.

Para ayudarnos en la tarea de posicionarnos respecto al Sol u otros objetos celestes se han utilizado y todavía se utilizan en caso de emergencia (por avería eléctrica, por ejemplo), aparatos como el **astrolabio**, el **cuadrante** y el **sextante**





que, con la ayuda de cartas de navegación o planos (realizados anteriormente por alguien) nos dan la información sobre dónde nos encontramos aproximadamente y, a partir de este dato marcar una ruta a seguir.

Aquí es donde introducimos el **concepto de latitud**: posición respecto a la línea del ecuador.

En la antigüedad la latitud podía determinarse por la posición del Sol a mediodía (había que estar bien seguro de en qué momento era el mediodía) y también por la posición de la estrella Polar a cualquier hora de la noche. Este es el momento de recordar que la estrella Polar solo es visible en el hemisferio Norte. En el hemisferio sur, en la época de Cervantes solo podía usarse como referencia la posición del Sol. Tiempo después los marinos comprenderían que la llamada Cruz del Sur sirve como referencia para saber hacia dónde está el Polo Sur.

Puede mencionarse, como una curiosidad que las estrellas que aparecen en la bandera de Australia son precisamente las de la Cruz del Sur.

Para tomar la altura del Sol o de la Polar, los navegantes se valían de instrumentos medidores de ángulos, como el astrolabio, el cuadrante y la ballestilla.

En el módulo se introduce el uso del **reloj nocturno** como uno de los instrumentos más sencillos para determinar la hora por la noche, comprendiendo y conociendo la posición de las estrellas a lo largo de la noche y en diferentes épocas del año.

Determinar la hora es un dato definitivo para saber cuánto tiempo ha pasado desde que partimos. El problema de este dato,

Reloj Nocturno

En tiempos de Cervantes, para orientarse, los marinos se valían de la posición del Sol durante el día y de la posición de la estrellas por la noche.

Claro que las nubes podían impedir la visión de las estrellas y esto conllevaba no saber la ubicación en mitad de un mar inmenso y desconocido. Cervantes recuerda esta situación en un soneto comparando la falta de estrellas con la ausencia de la amada:

Yo sé que muero; y si no soy creído,
es más cierto el morir, como es más cierto
verme a tus pies, ¡oh bella ingrata!, muerto,
antes que de adorarte arrepentido.
Podré yo verme en la región de olvido,
de vida y gloria y de favor desierto,
y allí verte podré en mi pecho abierto,
cómo tu hermoso rostro está esculpido.
Que esta reliquia guardo para el duro
trance que me amenaza mi porfía,
que en tu mismo rigor se fortalece.
¡Ay de aquel que navega, el cielo oscuro,
por mar no usado y peligrosa vía,
adonde norte o puerto no se ofrece!

Quijote, I, XXXIV

El problema de la Longitud

Para determinar la posición de un objeto en la superficie de la Tierra se necesitan, al menos, dos datos esenciales:

La ***latitud***, distancia desde el ecuador, medida en grados, que se hacía tomando como referencia la altura sobre el horizonte de estrellas conocidas, o del Sol o la Luna, empleando un **cuadrante**, un **astrolabio** o una **ballestilla**.

La ***longitud***, distancia desde un lugar concreto de la Tierra a una población conocida, se hacía calculando la diferencia entre la hora en el pueblo de referencia y la hora en el lugar deseado. Evidentemente para hacer esto es necesario tener un reloj fiable. Algo que no fue posible hasta el siglo XVIII con el **cronómetro marino** de **John Harrison**. Durante algún tiempo en el siglo XVII se empleó como referencia para calcular la hora los eclipses de las lunas de Júpiter, esto funcionaba bien en tierra, pero en un barco en movimiento esto era casi imposible de ver.

En la época de **Cervantes** el único método viable era la navegación por estima: calculando la latitud y la velocidad del barco podía determinarse aproximadamente la posición. Este método era, sin embargo, extremadamente impreciso y con frecuencia daba lugar a desastres con pérdida de vidas y mercancías.

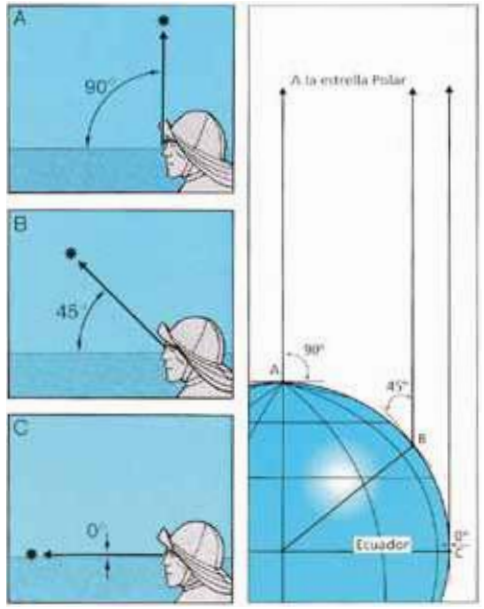
Juega a ***Hundir la Flota***, e intenta localizar los barcos de tu *enemigo* conociendo solo su latitud.

aparentemente sencillo, es que los relojes de péndulo no funcionan en un barco en movimiento y los relojes de arena además del inconveniente de mantenerlos funcionando acaban acumulando un gran error de cálculo. Aún así, conociendo este dato más la velocidad del barco podemos determinar aproximadamente a qué distancia nos encontramos del puerto de salida. Lo que nos da una aproximación de dónde podemos estar situados en un mapa. Pero este dato no nos sirve para saber la ubicación del puerto de salida, puesto que no sabemos qué hora es en ese puerto y por tanto no sabemos cuántas horas nos separan de él. Aquí conviene recordar que si el barco va muy despacio o muy rápido variará nuestra posición, pero no la del puerto de salida. No sabemos cuántas horas fijas (usos horarios) nos separan porque no tenemos ningún reloj que nos diga qué hora es allí.

Ahora es cuando introducimos **el problema de los meridianos**: la posición respecto a una línea imaginaria que va del polo norte al polo sur. El acuerdo sobre los meridianos no ocurrió hasta el siglo XIX, cuando se fijo como meridiano cero la línea imaginaria que pasa por Greenwich (Inglaterra), por lo que en la época de las grandes exploraciones no había ninguna otra manera de orientarse que la descrita anteriormente.

Es necesario que los niños comprendan que sin los dos datos, **latitud y longitud,** no es posible determinar la posición de un objeto. El juego de ***Hundir la Flota*** busca hacer visible que no es posible "*hundir*" los barcos del "*enemigo*" sin conocer la longitud. Se debería guiar a los niños para que comprendieran que el problema de navegar en alta mar no es solo saber dónde estamos, sino que una vez que hemos conseguido llegar a algún sitio, el problema se plantea en cómo regresar de nuevo a ese mismo lugar o a nuestro puerto de salida. De ahí el ejemplo de cómo encontrar la isla en la que habían enterrado su tesoro.

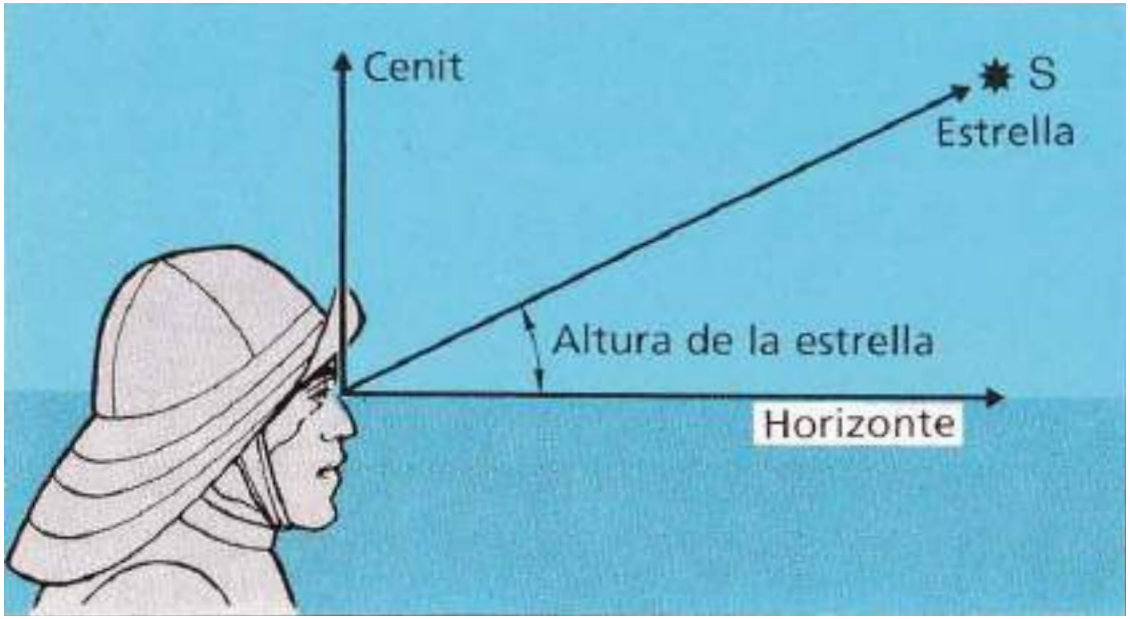
También conviene recordar que estamos hablando de tomar medidas respecto a la posición de estrellas a bordo de un barco en movimiento. La precisión de cualquier aparato de estos en semejantes condiciones es, evidentemente, muy relativa, lo que conlleva errores de medición importantes y por tanto de ubicación.



La ***Ballestilla*** es un instrumento semejante al astrolabio o al sextante, mide los grados de separación entre el horizonte y una estrella. Es muy ligero y fácil de usar, la gran diferencia es que mientras los otros miden los ángulos directamente, la ballestilla calcula los ángulos por su tangente.

¿Para qué sirve saber el ángulo, por ejemplo con la ballestilla? Para determinar nuestra posición respecto al punto de referencia, por ejemplo la Polar. Esto nos ayuda a situarnos respecto del ecuador.

Es decir, nos dice la latitud en la que estamos.



Se puede entregar a los niños una copia de un planisferio recortable. Ver modelo en:

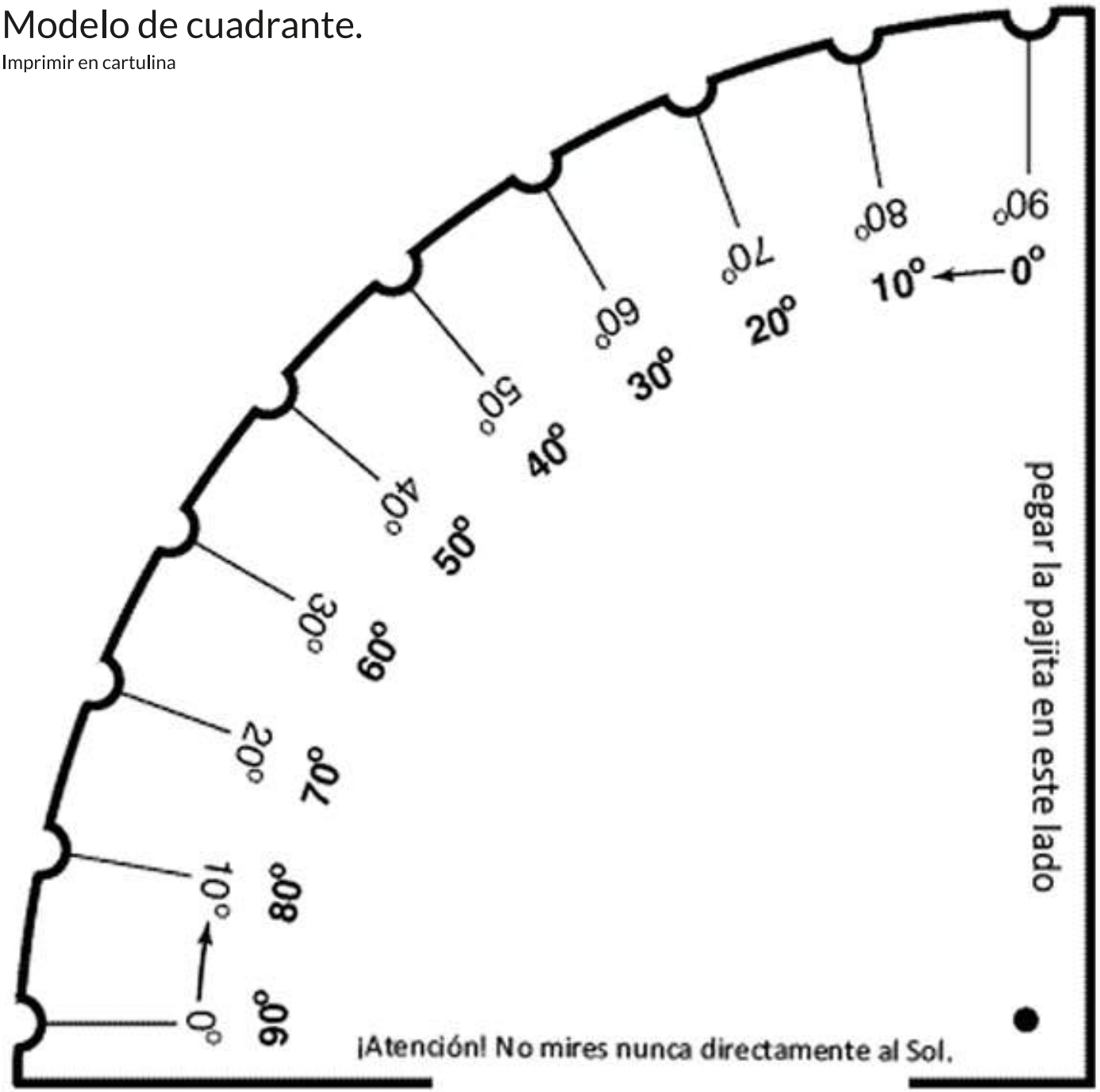
http://www.elcielodelmes.com/Planisferioelcielodelmes.php

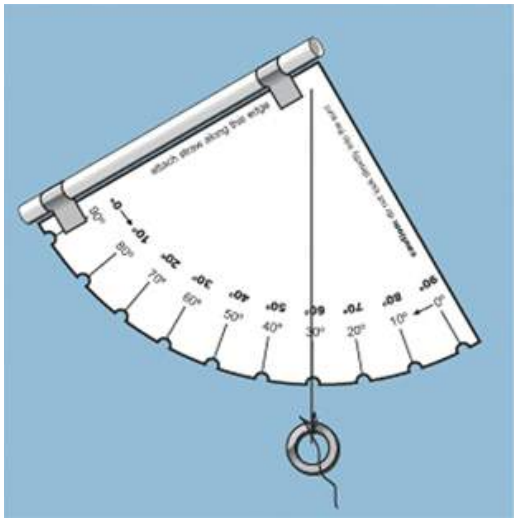
y del reloj nocturno:

http://www.astroava.org/index.php/content-layouts/56-reloj-nocturno-o-nocturlabio.html

Modelo de cuadrante.

Imprimir en cartulina





Antes de empezar localiza un emplazamiento con poca contaminación lumínica (farolas o luces de la casas), libre de árboles u otros obstáculos que te impidan ver bien el cielo.

1. Usa la brújula para determinar el norte (asegúrate de que entiendes dónde está el sur, este y oeste). Localiza el objeto celeste que te interesa. Una estrella, un planeta, la Luna... Anota la dirección en la que está con la ayuda de la brújula.

2. Localiza el objeto celeste a través de la pajita de tu cuadrante. Con la ayuda de otra persona anota el ángulo que indica la plomada.

3. Realiza esta operación a la misma hora durante varios días o repítela al cabo de unos cuantos días o semanas.

Descubrirás que el objeto celeste se ha desplazado en el cielo. ¿Qué indica el cambio de posición de una estrella a lo largo de la noche?. ¿En qué dirección parece moverse (de norte a sur, de este a oeste...)?

¿Qué indica el cambio de posición de una estrella a lo largo de un periodo largo de tiempo (días, semanas...)?

Mapas:
La representación plana de la Tierra

¿Es posible dibujar un objeto redondo en una superficie plana?

Si tomáramos la superficie de la Tierra y la cortáramos como si fuera la piel de una naranja, podríamos obtener algo similar a la ilustración de arriba.

Al situar estos gajos sobre una superficie plana rápidamente nos damos cuenta de que quedan espacios en blanco.

Si queremos representar los continentes en un plano no queda más remedio que estender la imagen, por lo que todas las representaciones que hacemos en los mapas están necesariamente distorsionadas.

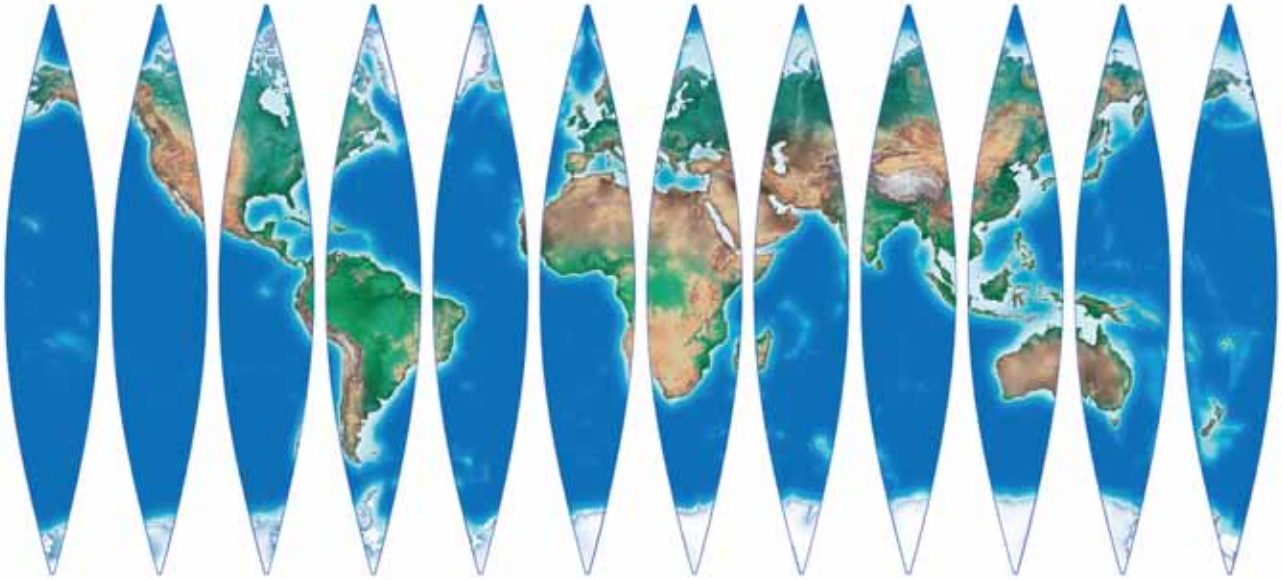
Observa lo que sucede al poner el mapamundi en la mesa.

¿Comprendes por qué cualquier mapa necesariamente es incorrecto?

La representación plana de la Tierra

El objetivo de este módulo es visualizar la dificultad de representar en una superficie plana, dos dimensiones, un objeto tridimensional como la Tierra. El ejemplo de los gajos busca representar gráficamente cómo habría que representar la Tierra al ponerla sobre una superficie plana, rápidamente se comprende que faltan secciones, sin embargo en los mapas estas secciones se complementan exagerando los territorios, especialmente los situados por encima de los trópicos.

Con la ayuda de un programa de retoque fotográfico como GIMP (código abierto), PhotoShop® u otros, se puede conseguir que los niños comprendan que al intentar llenar toda la superficie de un plano no queda más remedio que distorsionar la imagen estirándola por los bordes para completar el espacio. La herramienta para hacerlo estará relacionada con la edición de la imagen -> distorsionar.



El Relativo Tamaño de las Cosas

El objetivo de este módulo es presentar una aproximación al complejo mundo de las medidas antes de la invención del ***Sistema Métrico Decimal***. En realidad se trata de que los niños comprendan la importancia y las ventajas de nuestro actual sistema de medidas no solo porque unifica los tipos de magnitudes y de unidades, sino porque esta manera de medir el mundo ha disparado exponencialmente el conocimiento científico-tecnológico al facilitar un cuerpo de medidas con un carácter prácticamente universal. Conviene recordar que algunos países anglosajones aún emplean medidas de su sistema métrico (Imperial) que no sigue los patrones del *Sistema Métrico Decimal* y que representa los últimos esfuerzos por mantener el nada práctico sistema medieval.

Como la cantidad de unidades de medida en la Península, en la época de Cervantes, es completamente apabullante hemos optado por simplificar las unidades empleadas. Nos hemos basado en las unidades generalmente empleadas en Castilla y León. Hay muchas más.

Por otro lado y con el objetivo de simplificar los cálculos hemos aproximado las equivalencias con nuestro sistema métrico. Hemos incluido la indicación "*aproximadamente*" siempre que ha sido necesario.

Es una buena ocasión para recordar cómo se establecen los patrones de medida. En primer lugar es necesario un material que, en la medida de lo posible, no sea extensible, que no varíe su longitud. Esto es ya de por sí difícil. Se puede poner el ejemplo de una cuerda

El relativo Tamaño de las Cosas

—Como si fueran de vino tinto, pudiera vuestra merced decir mejor —respondió Sancho—; porque quiero que sepa vuestra merced, si es que no lo sabe, que el gigante muerto es un cuero horadado, y la sangre, seis arrobas de vino tinto que encerraba en su vientre; y la cabeza cortada es...

Quijote, I, XXXVII

En los siglos XVI y XVII, doscientos años antes de la invención del **Sistema Métrico Decimal**, en la Península eran utilizadas diversas monedas y unidades de peso, capacidad, longitud o superficie, que variaban de un reino a otro e incluso de una provincia a otra. Imagínate ir de Madrid a La Coruña teniendo que cambiar de moneda en cada Comunidad por la que pasas, o que para poder comprar una cantidad de fruta tuvieras que conocer las diferentes medidas que se usan en cada sitio.

Para medir la distancia entre un pueblo y otro se usaba, por ejemplo, la **legua**: la distancia que puede recorrer una persona en una hora, pero claro, si vas a caballo en una hora recorres más distancia...

Para medir la cantidad de vino que cabía en un recipiente se usaba la **arroba**, que sería como unos 16 litros, pero para medir el peso de una persona también se usaba la arroba, sólo que esta vez equivalía a unos 11 kilos. Y esto no siempre, porque dependía de la provincia donde estuvieras. Como ves muy cómodo, sobre todo si te dedicabas al comercio.

Imagínate viajero como Sancho. Atrévete a medir con precisión como lo hacía él.

que por muy dura que sea siempre será posible estirarla un poco por lo que la medición realizada con ella puede variar. Para el patrón de una unidad de longitud, el metro, se empleó una aleación de platino e iridio, por ser la combinación menos alterable en función de temperaturas y presión. En la actualidad el patrón ya no es la barra que se conserva en París, sino la distancia que recorre la luz en línea recta en un tiempo de 1/299.792.458 (velocidad de la luz en el vacío).

La unidad de superficie actual es el metro cuadrado (m^2) y en agricultura se utiliza la hectárea, que equivale a 10.000 m^2.

También es una buena ocasión para ayudar a comprender la diferencia entre capacidad y volumen. Se puede utilizar uno de los cuartillos de la exposición para medir sus lados y calcular el espacio que ocupa, su volumen, independientemente de que esté lleno, medio lleno o vacío, capacidad. Sería interesante recordar que aunque el cuartillo parezca vacío, en realidad está lleno de aire. Esto mismo puede hacerse con la ayuda de otros objetos como botellas o vasos. La medición de los lados puede hacerse empleando las reglas o plantearlo como un juego usando palmos que comprendan que la medida con palmos, si no es justo de un palmo es muy complicada de tomar y muy poco precisa.

A pesar de todas las complicaciones derivadas de la inexactitud de las medidas conviene hacer ver a los niños que los antiguos eran capaces de hacer instrumentos de gran precisión, como pueden ser, por ejemplo, los sextantes y que eran capaces de llevar a cabo complejas investigaciones. Es decir, conviene insistir en que antiguo no es sinónimo de atrasado, de falta de rigurosidad o de ignorancia.

A continuación incluimos la tabla de medidas que aparecen en la exposición.

Capacidad de Granos

Cahíz	666 litros	12 fanegas
Fanega	55,5 L aprox.	12 celemines
Celemín	4,6 L aprox.	4 cuartillos
Un Medio (1/2 celemín)	2,3 L aprox.	2 cuartillos
Cuartillo	1,15 L aprox.	

Capacidad para Vinos

Cántara o Arroba	16 L aprox.	8 azumbres
Azumbre	2 L aprox.	4 cuartillos
Fanega		
Botella	0,75 L aprox.	1 ½ cuartillos
Cuartillo	0,50 L aprox.	4 copas
Copa	0,12 L aprox.	

Longitud

Legua	5,5 km aprox.	20.000 pies
Paso	1,3 m aprox.	5 pies aprox.
Vara (castellana)	84 cm aprox.	3 pies
Pie	28 cm aprox.	
Palmo	20 cm aprox.	

Peso(*)

Arroba	11,5 kg	25 libras
Libra	460 g	16 onzas
Cuarterón	120 g	¼ de libra
Onza	28 g aprox.	

Superficie

Fanega	6.400 m^2 aprox.
Celemín	533 m^2 aprox.
Cuartillo	133 m^2 aprox.
Estadal	11 m^2 aprox.
Vara	0,7 m^2 aprox.

(*) Hemos empleado el término "peso" por resultar más comprensible para los niños. Sería un buen momento para introducir o recordar, según la edad de los niños, la diferencia entre masa y peso.

Medidas de
Longitud

Servía a la reina antonomasia una mesa asturiana, ancha de cinta. Tenía de regalo, de nueve reinas, del un pie hueco, y del otro no muy acaso: verdad es que la gallardía del cuerpo suplía las demás faltas; no tenía cinco palmos de pies a la cabeza, y las espaldas, que algún tanto le cargaban, la hacían mostrar al medio más de lo que ella quisiera.

Quijote, I, XVI

Como sucedía con las unidades de volumen y peso, las de longitud o distancia también eran muchas y terriblemente imprecisas.

Casi todas estas medidas tenían una base antropométrica, es decir, hacían referencia a una parte del cuerpo humano: **dedo, pulgada, cota, palmo, pie, codo, vara, braza...** pero claro, no todos los cuerpos son iguales.

El palmo es la medida de la mano extendida entre los extremos de los dedos pulgar y meñique. **El pie** es la medida desde el talón hasta el extremo del dedo gordo. La **vara** es la distancia desde el eje central del cuerpo hasta el extremo de la mano con el brazo extendido.

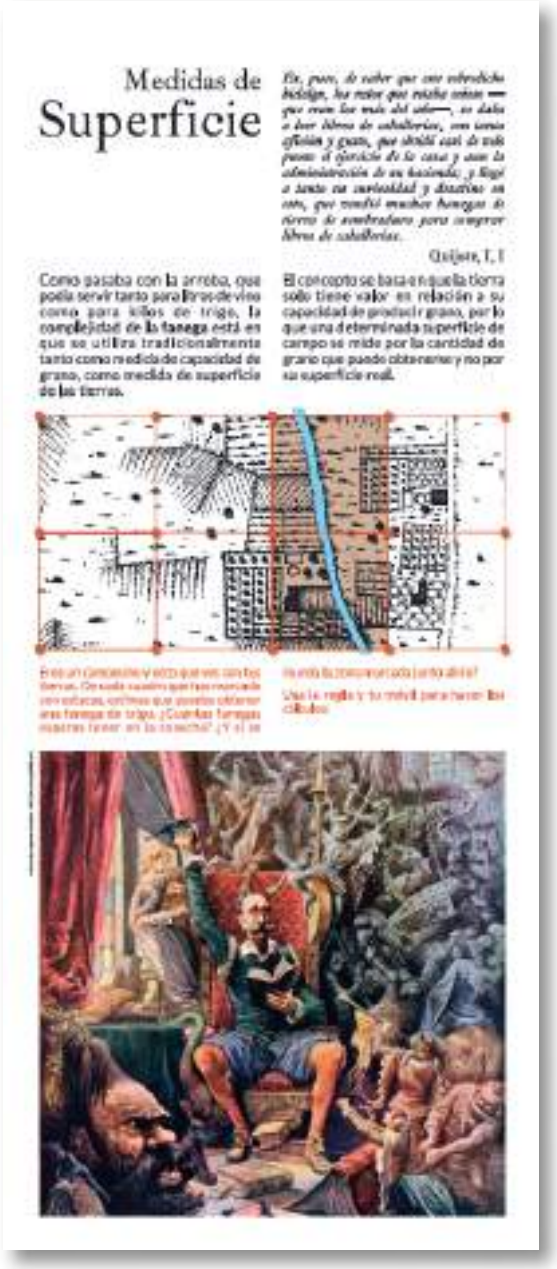
Una vara contiene tres pies o cuatro palmos.

MEDIDAS DE LONGITUD

Se plantea a los niños la deducción de la arbitrariedad de las medidas antiguas a través de la toma de medidas usando como unidades el ***palmo*** y el ***pie***, y contrastando estas medidas con las que se pueden obtener con las reglas incluidas en el panel.

Parece lógico que los niños usen las reglas para medir cualquier otra cosa de la sala. Se les puede sugerir medir la altura o la anchura de los propios paneles usando palmos, que comparen los resultados de sus mediciones y que comparen su palmo o su pie, con los de referencia que se muestran en el vinilo del suelo.

Cabe destacar que las medidas de longitud con mucha frecuencia tenían una componente antropométrica, basadas en las distancias entre los miembros del cuerpo humano; como por ejemplo, del codo a la extremidad de la mano: el ***codo***. El ***estado***, medida equivalente a la estatura regular de un hombre. El ***coto***, en su versión toledana, equivalía aproximadamente a medio palmo.



MEDIDAS DE SUPERFICIE

El panel sugiere el cálculo de la superficie de un terreno. Es bastante sencillo. 8 fanegas. 6 fanegas si se inundan las dos por las que pasa el río.

Es el momento de hacer ver a los niños lo difícil que resultaría el cálculo de fanegas de un terreno con un bosquecillo o con muchas rocas.

Se les puede pedir que usen las reglas para medir el tamaño de los cuadros y calcular la superficie en metros cuadrados. Se puede proponer, por ejemplo, que cada centímetro en el plano equivalga a un metro (escala 1:100).

Puede aprovecharse la imagen del panel, en la que aparece el Quijote blandiendo una espada y rodeado de monstruos, batallas, etc., para recordarles que las aventuras del Quijote se inician por su desmesurada afición a leer libros de caballerías. Se debe ser cuidadoso en el tratamiento de este aspecto, porque los niños podrían deducir que la lectura de libros es perjudicial, cuando precisamente Cervantes lo que plantea es todo lo contrario, que en aquel momento, en que la mayoría de la población era analfabeta, una persona que leía mucho era considera poco habitual.

MEDIDAS DE CAPACIDAD

Los módulos plantean que el concepto de medida de la capacidad era tan variable como para tener unidades diferentes según el tipo de líquido y, más allá, sorprende descubrir que los objetos pequeños como el grano se medían ***usando unidades de capacidad también.***

Capacidad para vinos

En el módulo se citan un par de párrafos donde contrasta el uso de la ***arroba*** para medir la cantidad de vino contenido en un *zaque* (una especie de odre hecho de piel como el usado para sacar el agua de los pozos) y la cantidad de pelo que cuelga de las patas del caballo. Se pretende que los niños deduzcan de nuevo lo anárquico de las medidas.

o 8 ***azumbres*** en una ***arroba***

o 32 ***cuartillos*** en una ***arroba***

o 128 ***copas*** en una ***arroba***

El puzzle incluido en el módulo pretende relacionar la cantidad de vino que cabe en la cántara con las diferentes medidas. Sería interesante preguntarles, por ejemplo, cuántas copas son media cántara, etc.

Una curiosidad: Probablemente el término ***arroba*** llame la atención de los niños debido a su utilización actual para indicar el dominio del correo electrónico y los perfiles en redes sociales. Sería curioso aclarar que ***arroba*** "@", en inglés, se pronuncia "***at***" (en) e indica el lugar donde se ubica el correo de una persona. Su nombre no tiene nada que ver con el de la arroba como unidad de medida, sino que proviene de la expresión comercial en inglés "***at a rate of***" (a razón de). Su utilización proviene de que el símbolo permanecía en los teclados de los ordenadores, que son una copia de los antiguos teclados de las máquinas de escribir y prácticamente había dejado de emplearse comercialmente, por lo que su empleo servía para diferenciar el nombre de la persona del dominio donde se ubica el buzón de mensajes de esa persona. En inglés tiene más sentido, puesto que al decir *"John Smith @ (at) gmail.com"* estas diciendo *"John Smith "en" gmail.com"*

Capacidad para granos

En este caso el juego busca que los niños descubran que sería relativamente fácil engañar en el trasiego de grano. Uno de los dos ***celemines*** está trucado para que tenga menor capacidad. En nuestro caso es bastante evidente, pero, como se sugiere en la sección del molino, con frecuencia se desconfiaba de los molineros por esta razón. Incluimos un azulejo que puede verse en el molino llamado "Infanto", en Campo de Criptana. Se trataría de ayudar a los niños a descubrir las connotaciones sociológicas del uso de medidas fraudulentas.

MEDIDAS DE PESO

En el módulo se ha colocado la imagen de una balanza romana. Sería una buena oportunidad para explicar su funcionamiento.

Conviene hacer hincapié en que la ***libra castellana*** equivalía a unos 460 gramos, mientras que la ***libra anglosajona*** equivale a 453,6 gramos. La diferencia no es muy grande…, salvo que estemos comprando varias cientos de libras.

La báscula incluida en el módulo emplea unidades en gramos y en libras anglosajonas. Sería interesante recordar a los niños cómo establecer la ***tara*** que la red, para sujetar los bloques, añade a la medida.

Por otro lado, para añadir aún más confusión, al hablar de los granos, era corriente establecer una relación en la que 3 granos de cebada pesan lo mismo que 4 granos de trigo.

Este dato puede resultar útil para plantear juegos como calcular el peso de un celemín de trigo y su equivalencia si fuera cebada.

Gigantes de Brazos Largos

La imagen de los **molinos manchegos** está indudablemente asociada a las aventuras del ***Quijote***, pero los molinos, mucho más allá de las aventuras y desventuras que suponen para el ilustre caballero, fueron durante siglos uno de los mejores ejemplos de industria automática.

La complejidad que subyace en su aparentemente simple mecanismo es una muestra del ingenio de los seres humanos para usar la energía del viento en su provecho.

En torno al molino pueden estudiarse numerosos aspectos tanto de las ciencias de la naturaleza como de la sociedad. Un molino es un compendio de física: fuerzas y mecánica sobre todo; es la base de la alimentación puesto que la harina es el componente esencial del pan y este es considerado un alimento básico; es un negocio; es la definición de un paisaje…

Desde el punto de vista técnico un molino es un compendio de sabiduría popular.

- La ventanas. ***VENTANILLOS*** (nº 11 del esquema). Esenciales para saber la orientación del viento. 12 ventanas, 12 direcciones posibles correspondientes a los vientos dominantes en la zona.
- El tejado. La ***CAPERUZA*** (nº 3 del esquema). Sorprende que toda la estructura del tejado junto las aspas y la rueda motriz (rueda catalina) se mueva. Estamos hablando de alguna tone-

lada de madera que se mueve apoyada directamente sobre el muro, gracias a la palanca que realiza el ***palo de gobierno*** de unos 15 metros de largo (nº 6).

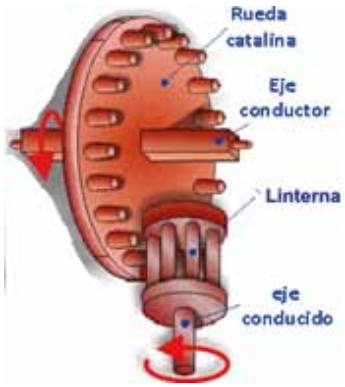
- La transmisión del movimiento se realiza mediante engranajes. La ***RUEDA CATALINA*** (nº 7) transmite el movimiento a otra pequeña rueda, llamada ***LINTERNA*** (nº 9). La velocidad a la que gira la rueda de moler o ***PIEDRA VOLANDERA*** (nº 4), conectada a la rueda linterna, está determinada por el número de dientes que interaccionan entre ambas. Generalmente el número de dientes de la rueda motriz es de 40, mientras la rueda linterna tiene 8 palos o husillos.

  Por cada vuelta de las aspas la rueda catalina da otra, mientras que la linterna y, por tanto la rueda volandera, dan 5, esto es, un significa un factor de multiplicación 40/8.

Desde un punto de la energía eólica, los vientos empujan las velas de las aspas. La energía del viento se puede calculara con la fórmula de la energía cinética:

$$Energía\ cinética = \tfrac{1}{2}\, m.v2$$

Esto quiere decir que la velocidad del viento es muy determinante puesto que se aplica el cuadrado. La masa del aire puede calcularse:



Molino manchego

La transformación de la energía para el funcionamiento de máquinas es una de las claves del desarrollo tecnológico de la humanidad. El viento (o el agua) es una excelente fuente de energía, pero el gran problema es aplanarlo al intentar controlarlo.

El **engranaje** es el mecanismo más preciso y eficiente para transmitir el movimiento desde la fuente de energía (aire, agua...) hasta la que lo debe recibir.

En los molinos tanto de aire como de agua, los engranajes han sido siempre la clave de su funcionamiento.

En el caso del molino manchego, la **rueda catalina** es el engranaje que transmite el movimiento del eje de las aspas a la rueda de moler. Los grandes dientes de la rueda, al girar encajan en las barras o las hendiduras que forman la **linterna**, haciendo que esta se mueva y transmita el movimiento de las aspas a la **piedra volandera**.

Mire en el esquema del molino cuáles son estos piñones y compruebe su eficacia en el modelo.

1. **ASPAS** Cubiertas por lienzos, se encargan de recoger la energía del viento. Suelen ser también articuladas en el mismo ángulo con el viento. Su longitud aproximada es de 7,90 m.
2. **EJE** Tronco de madera que transmite el movimiento de las aspas al mecanismo de molino.
3. **CAPERUZA** giratoria
4. **PIEDRA VOLANTERA** o giratoria
5. **PIEDRA SOLERA** o fija
6. **PALO DE GOBIERNO** Tronco de pino o algo más que gira la caperuza y orienta las aspas hacia la dirección del viento dominante. Mide 16 mts. de longitud.
7. **RUEDA CATALINA** Gira con el eje del molino, en el que está integrada. Engrana con la linterna mediante dientes de madera. El movimiento vertical de las aspas se transforma así en el horizontal de las muelas.
8. **FRENO** Accionándolo se frena la rueda catalina.
9. **LINTERNA** Transmite la fuerza desde la rueda catalina a la piedra volandera.
10. **MADRES** Son 4 vigas, 9 parejas de jabalcones y 8 piezas semicurvas situadas encima de 4 vigas. El conjunto forma la base del cono giratorio.
11. **VENTANILLOS** Son 12, dispuestos en función de cada viento. Al abrirlos, el molinero sabe la dirección del viento dominante y tomando la decisión de hacia dónde girar la caperuza con ellos sepas.
12. **BANCADA** Sostiene las muelas (piedras de moler) y la tolva.
13. **MARRANOS** Son dos vigas gruesas que sostienen el peso de las muelas.
14. **CANALÓN** Por él baja la harina hasta el saco donde se recoge.

Considerando condiciones normales de humedad y temperatura, la densidad del aire, a nivel del mar, es de 1,225 kg/m3. Es decir, en esas condiciones el aire tiene una masa de 1,225 kg por cada metro cúbico.

A menor temperatura y humedad, la densidad del aire será mayor por lo que tendremos más energía cinética.

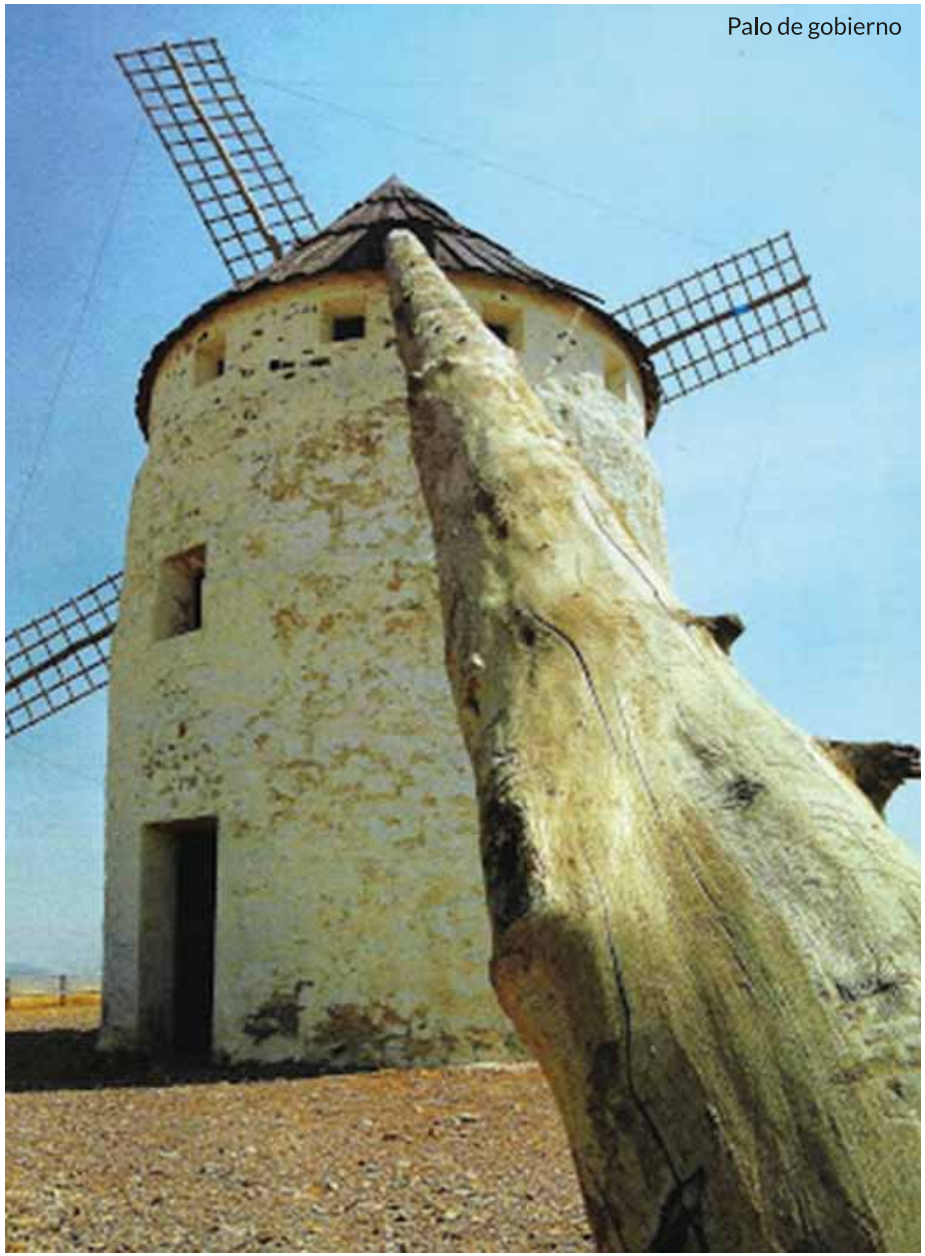
Aconsejamos la lectura del trabajo del profesor **Francisco Valera Martínez-Santos** con algunos estudios muy ilustrativos para explicar el funcionamiento de las aspas. Sería muy interesante hacer ver a los niños los paralelismos entre las aspas de los molinos y las alas de un avión y cómo los mismos principios físicos se aplican en ambos casos (referencia al final de la guía).

A continuación incluimos algunas fotografías que pueden reproducirse para ayudar los conceptos planteados.

Detalle de las aspas. Puede apreciarse la inclinación que toman para favorecer el paso del aire, creando las condiciones perfectas de sustentación para obtener el máximo de energía con el mínimo de viento

Detalle de la rueda catalina con los dientes y el eje conductor

Detalle de la unión entre la caperuza y el muro. Se puede apreciar las guías sobre las que se apoya el peso de la caperuza, que se arrastran directamente sobre el borde de madera del muro. Para reducir la fricción solo se emplea grasa



Palo de gobierno

LECTURAS RECOMENDADAS:

Nicolás García Tapia. ***Ciencia y tecnología en la España del siglo XVI***, disponible en:

http://www.anie-anies.es/wp-content/uploads/2014/06/ConferenciaNicolasGarciaTapia.pdf

Francisco Valera Martínez-Santos. ***Principios físicos y tecnología de los molinos de viento***, disponible en:

http://www.campodecriptana.info/descargas-ficheros/publicaciones/Fisica-y-tecnologia-del-molino-de-viento.pdf

CRÉDITO ILUSTRACIONES:

Ilustraciones de **Salvador Tusell**, a partir de grabados originales de **Gustave Doré**.
El ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha. Viuda de Luis Tasso. 1905. Barcelona

Cedidas por el **Banco de Imágenes del Quijote: 1605-1915** (www.qbi2005.com)

RELACIÓN CON EL CURRÍCULO ESCOLAR

E. PRIMARIA. Ciencias Naturales / Ciencias Sociales

La Ciencia de las Estrellas

- **o** Importantes descubrimientos e inventos.
- **o** La representación de la Tierra. Orientación en el espacio.
- **o** Globos terráqueos Identificación de los polos, el eje y los hemisferios.
- **o** Cartografía. Planos y mapas. Escalas.
- **o** Puntos de la tierra: los paralelos y meridianos. Coordenadas geográficas: Latitud y longitud

El Tamaño Relativo de Las Cosas

- **o** Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo.

Gigantes de Brazos Largos

- **o** Concepto de energía. Diferentes formas de energía. Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables.
- **o** Fuentes de energías renovables y no renovables. El desarrollo energético, sostenible y equitativo.
- **o** Máquinas y aparatos. Tipos de Máquinas en la vida cotidiana y su utilidad.
- **o** Importantes descubrimientos e inventos.
- **o** Las actividades económicas y los sectores de producción de España.

E. SECUNDARIA

La Ciencia de las Estrellas

1º ESO - Ciencias Sociales

- **o** Utilización de técnicas de orientación. Observación del cielo diurno y nocturno.
- **o** Evolución histórica de las concepciones sobre el lugar de la Tierra en el Universo: el paso del geocentrismo al heliocentrismo como primera y gran revolución científica.

Gigantes de Brazos Largos

2º ESO - Física

- **o** Las fuerzas y sus aplicaciones.
- **o** Las fuerzas como causa del movimiento, los equilibrios y las deformaciones
- **o** Masa y peso de los cuerpos. Atracción gravitatoria.

3º ESO - Física

- **o** El concepto de energía.
- **o** Energías tradicionales.
- **o** Energías alternativas.
- **o** Fuentes de energía renovables.

4º ESO - Física

- **o** Las fuerzas y el equilibrio.
- **o** Las fuerzas y sus efectos estáticos.

El Tamaño Relativo de Las Cosas

4º ESO - Física

- **o** Las magnitudes y su medida. El Sistema internacional de unidades. Carácter aproximado de la medida. Redondeo.
- **o** Aparatos de medida. Medida de masas: balanzas. Medidas de volumen. Medidas de longitud: regla y calibrador.

La Ciencia de las Estrellas

1º ESO - Ciencias Sociales

- **o** Lectura e interpretación de imágenes y mapas de diferentes escalas y características. Percepción de la realidad geográfica mediante la observación.
- **o** Valoración de las fuentes históricas para el conocimiento del pasado.
- **o** Localización en el tiempo y en el espacio de periodos y acontecimientos históricos
- **o** La Tierra, un planeta del Sistema Solar. Los movimientos de la Tierra y sus consecuencias geográficas.
- **o** La representación de la Tierra. Aplicación de técnicas de orientación geográfica.
- o El Estado moderno en Europa: la consolidación de las monarquías.
- **o** Evolución política y económica en la Península Ibérica. La monarquía de los Reyes Católicos.
- **o** Los descubrimientos geográficos. La expansión europea. Las Islas Canarias.
- **o** El descubrimiento y colonización de América y su impacto económico.
- **o** Arte y cultura en el siglo XVII. El Siglo de Oro español.

Cervantes,
Tratar del Universo Todo

MUNCYT
MUSEO NACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Marzo 2017