

## 1 – ¿Qué es la Estación Espacial Internacional?



La Estación Espacial Internacional (ISS)

### Un laboratorio de investigación que flota en el espacio

¿Cabe imaginar un laboratorio que flota en el espacio, en condiciones de ingravidez, y todo ello en beneficio de los pueblos y las industrias de la Tierra? Pues bien... ¡ya existe! Es la **Estación Espacial Internacional (ISS)**, que se va a mantener en órbita a una altitud de unos 400 kilómetros sobre la Tierra y va a albergar presencia humana permanente en el espacio durante los próximos 10 ó 15 años.

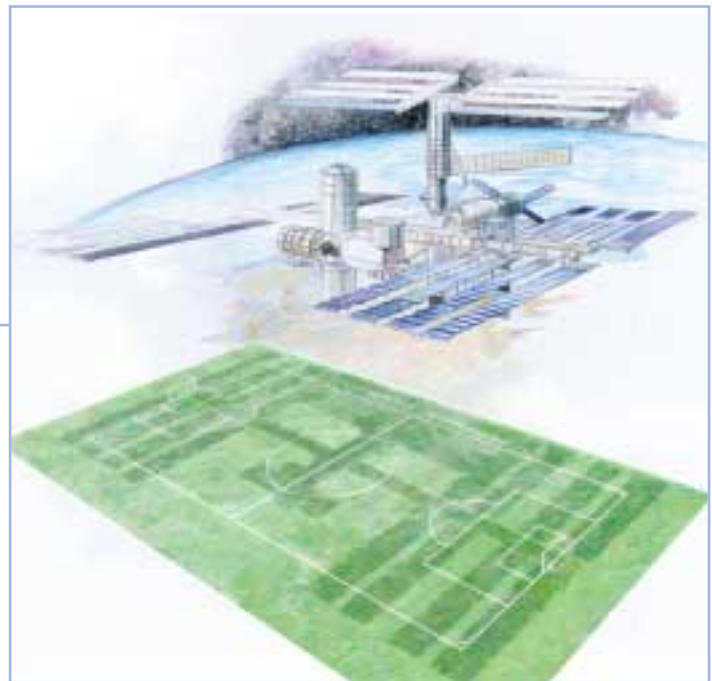
*Situación en la que existe muy poca fuerza gravitatoria neta como, por ejemplo, la de un objeto en caída, una órbita o el espacio interestelar (más información en la unidad 4.1)*

### La ISS es como un gran "rompecabezas"

Una vez que esté totalmente ensamblada, hacia 2006, la Estación será la mayor estructura creada por el ser humano que jamás haya surcado el espacio. Una vez terminada pesará 455 toneladas. Con una longitud cercana a los 100 metros y una anchura de unos 80, tendrá la superficie de un campo de fútbol.

El volumen presurizado de la Estación Espacial, cifrado en 1.200 metros cúbicos, será equivalente al de dos *Jumbos* "Boeing 747", que es, en la actualidad, el mayor avión comercial del mundo. Habrá espacio suficiente para una tripulación de hasta siete personas, que llevarán a cabo innumerables **experimentos científicos**.

*Volumen presurizado: una cápsula hermética que posee la misma presión atmosférica que experimentamos en la Tierra (del orden de 734 a 770 mm Hg), para que los astronautas puedan vivir y respirar normalmente a bordo de la Estación Espacial.*



Hasta la fecha, no existe un cohete lo suficientemente grande o potente para lanzar al espacio una estructura tan grande. Por ese motivo, y como si se tratara de un "rompecabezas", la Estación se ensamblará a partir de unas 100 piezas que se llevarán al espacio mediante más de **50 lanzamientos** de diferentes naves espaciales. Para que las piezas encajen, es importante que todas las naciones participantes utilicen las mismas normas (en cuanto a configuración de tamaño y sistemas de apoyo). El ensamblaje de estas piezas se llevará a cabo con ayuda de brazos robóticos, tanto desde la lanzadera espacial americana (*Space Shuttle*) como desde la Estación Espacial; los astronautas contribuirán a esa tarea con un total de 160 "**paseos espaciales**".

## Las piezas del “rompecabezas”

Antes de 2006, habrá al menos **cuatro laboratorios** operativos a bordo de la Estación Espacial, dotados de los equipos necesarios para llevar a cabo diversas investigaciones en los campos de las ciencias de los materiales, los fluidos, la combustión y la vida, así como en el terreno de las nuevas tecnologías.

El primero de los laboratorios que se puso en órbita, en el año 2000, fue el laboratorio ruso **Zvezda** (‘estrella’, en ruso): el “corazón” de la Estación, hasta que en el año 2001 se lanzó el segundo laboratorio. Dos son sus funciones principales: habitáculo para la tripulación y zona de control de la Estación Espacial. Del tamaño de un barco pequeño, su volumen interior se distribuye entre dormitorio, comedor, cuarto de baño, área de investigación y laboratorio.

El segundo laboratorio –el laboratorio americano **Destiny**– se lanzó en el 2001. A finales del 2004, se sumarán a la ISS el laboratorio japonés **Kibo** (‘esperanza’ en japonés) y el laboratorio europeo **Columbus**.



El laboratorio europeo “Columbus”.

Europa, a través de la **Agencia Europea del Espacio (ESA)**, es responsable de forma exclusiva del laboratorio Columbus y de otro elemento esencial de la Estación: el **Vehículo Automatizado de Transferencia (ATV)**. Como nave nodriza, el ATV portará hasta nueve toneladas de carga, compuestas por provisiones, material científico y combustible (propergol) para cohetes.



Los científicos e ingenieros europeos también están aportando elementos y equipos para muchas otras partes de la ISS, como el **Sistema de Gestión de Datos**. Este sistema ha sido una parte esencial de la unidad de control de la Estación Espacial desde su lanzamiento en julio de 2000, a bordo del Zvezda.

La Agencia Europea del Espacio (ESA) se creó en 1975; hoy representa a las comunidades espaciales de 15 países europeos (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza). Sin embargo, sólo 10 de esos países europeos toman parte en el programa de la Estación Espacial: Alemania, Francia, Italia, Países Bajos, Bélgica, Dinamarca, Noruega, Suecia, España y Suiza.

Para más información: [www.esa.int/spaceflight](http://www.esa.int/spaceflight)

### La participación europea

El primer europeo que visitó la ISS fue el astronauta italiano de la ESA Umberto Guidoni, que viajó en abril del 2001.



En este momento la participación europea en la ISS hace posible que, en todos los Estados miembros de la ESA, muchas de las mentes más brillantes de Europa, repartidas en cientos de universidades y empresas de alta tecnología, estén trabajando a la vanguardia de la ciencia y la ingeniería del siglo XXI. Cuando la ISS esté plenamente operativa, esas personas serán las primeras en obtener resultados de las instalaciones de investigación espacial que han ayudado a construir.

### La génesis del programa de la ISS

Todo comenzó el 25 de enero de 1984, cuando **Estados Unidos** invitó a otras naciones a tomar parte en la construcción de una Estación Espacial “tripulada de forma permanente”. **Europa**, representada por la ESA, **Canadá** y **Japón** respondieron a ésta con gran entusiasmo y pronto comenzaron a colaborar en la definición del proyecto. En 1993, **Rusia** se incorporó como quinto socio, lo que convirtió esta iniciativa en el mayor programa internacional de cooperación científica y tecnológica de la historia.



## 1.1 – El interior del laboratorio europeo Columbus



El objetivo principal de la Estación Espacial Internacional es llevar a cabo investigaciones en un entorno libre de los efectos de la gravedad. Cuando todas las piezas de la Estación Espacial Internacional estén ensambladas, contaremos al menos con cuatro laboratorios de investigación destinados a la realización de experimentos de diferentes disciplinas. Uno de esos laboratorios es el laboratorio europeo, cuyo nombre es **Columbus**.

### El espacio limitado dentro del laboratorio Columbus

Por dentro, el laboratorio Columbus se encuentra repleto de equipos científicos de alta tecnología. También incorpora instrumentos de grabación de vídeo y comunicaciones, así como los cables y tubos necesarios para la transmisión de datos, la obtención de energía y el mantenimiento de la vida. Aquí es también donde los **astronautas** llevarán a cabo los experimentos relacionados con las ciencias de los materiales, de los fluidos y de la combustión, así como otras muchas disciplinas.

El Columbus es un centro de investigación multidisciplinar en formato pequeño. Como el espacio a bordo de la ISS es limitado, todo lo que viaje en su interior tiene que ser lo más **compacto** y **reducido** posible.

Esta fotografía ilustra uno de los pequeños contenedores en los que crecerán plantas a bordo de la ISS. Apenas tiene la longitud de un lapicero: mide 160 mm x 60 mm x 60 mm.

#### Debate

1. ¿Qué tipos de investigación conoces en la Tierra?
2. ¿Qué clase de actividades se realizan en un laboratorio?
3. ¿De qué modo puede ayudarnos la investigación?

Para más información sobre la investigación en el espacio:  
<http://www.esa.int/export/esaHS/research.html>



Contenedor del experimento relacionado con el crecimiento de las plantas

## 1.1 – El interior del laboratorio europeo Columbus

Los contenedores y equipos necesarios para llevar a cabo los experimentos se instalarán en fila a lo largo de las paredes, dentro de lo que se denominan **armarios**. Habrá cuatro armarios a cada lado, y también en el "techo" y en el "suelo", lo que hace un total de 16 armarios.



El Biolab: un armario construido especialmente para experimentos biológicos

Los armarios a bordo de la ISS tendrán todos exactamente el mismo tamaño y utilizarán los mismos sistemas. Se pueden colocar indistintamente en los laboratorios Columbus, Kibo o Destiny sin necesidad de modificación alguna.

Algunos de los armarios se utilizan únicamente como almacén, mientras que otros albergan equipos construidos especialmente para una disciplina concreta. El denominado **biolab** se encuentra alojado en un armario y se utilizará para experimentos biológicos relacionados con los microorganismos, las células, las plantas pequeñas, etc.



Impresión artística del interior del laboratorio Columbus.

También existirá la posibilidad de realizar investigaciones relacionadas con el entorno espacial, la astronomía y la observación de la Tierra. Los equipos destinados a esos fines irán fijados en el exterior en el laboratorio Columbus.

### Construye una maqueta del laboratorio Columbus

#### A

Hazte una idea del espacio que hay dentro del laboratorio europeo, el Columbus, construyendo una maqueta a escala real. Utiliza sillas, mesas, cartulinas o cualquier otro material del que dispongas para reproducir las dimensiones internas del laboratorio.

Utiliza la información del cuadro de la derecha para averiguar:

- ¿Cuál es el volumen total del laboratorio?
- ¿Cuál es el volumen interior, es decir, el volumen del que disponen los astronautas para moverse?
- ¿Cuál es el volumen que se utiliza para almacenar equipos?

Debate:

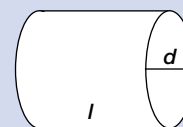
- ¿Crees que hay mucho espacio para trabajar?
- ¿Qué piensas que se debe sentir "flotando" entre 6 paredes en vez de caminar por el suelo, y tener cuatro paredes y un techo alrededor? ¿Crees que dará una sensación de más o de menos espacio?

#### B

Haz una maqueta del laboratorio europeo Columbus con un recipiente de hojalata u otro material capaz de contener agua.

- 1) Llena la maqueta de agua. Mide cuánta agua cabe (hasta el borde), tanto en litros como en decilitros.
- 2) Mide el radio y la altura de la maqueta y halla el volumen. Compáralo con el resultado de la medición del agua.
- 3) Compara las medidas de tu maqueta con las del Columbus. A partir de las cifras, halla la escala de tu maqueta.

Medidas del laboratorio Columbus:



$$d = 4.5 \text{ m}$$
$$l = 6.6 \text{ m}$$

Hay cuatro armarios a cada lado del laboratorio y también en el "techo" y en el "suelo". Cada armario mide aproximadamente 2m de alto y 1m de ancho.

### ¿Quién fue Cristóbal Colón (Christopher Columbus, en inglés)?

Busca información sobre Cristóbal Colón en diferentes fuentes y escribe un trabajo sobre él. Imagina por qué crees que se eligió el nombre de «Columbus» para el laboratorio europeo y opina si consideras que es un buen nombre o no.

## 1.2 – ¿Dónde se encuentra la Estación Espacial Internacional?

*Orbitar: girar alrededor de otro objeto*

*Una órbita: la trayectoria de un objeto que orbita*

La ISS gira alrededor de la Tierra en una **órbita** situada a unos 400 km de distancia de ésta. Aunque parezca que está muy lejos, en realidad se puede ver desde la Tierra a simple vista en una noche clara. Cuando las condiciones climatológicas lo permiten, la ISS parece casi una estrella fugaz surcando la bóveda celeste. La mejor hora para verla es poco después de la puesta de sol, o justo antes del alba. En ese momento, como observadores, nos encontramos en la zona de la Tierra en sombra y a nuestro alrededor está oscuro, mientras que la ISS, que vuela a gran altitud, sigue estando iluminada por el Sol.

### ¿Cuándo y dónde verla?

La ISS no se ve todas las noches ni desde todos los puntos de la Tierra. Examinad las siguientes ilustraciones y utilizad un atlas si es necesario.

Debatid e intentad averiguar:

1. ¿Por qué no se podría ver la ISS desde Australia en la ilustración 1?
2. ¿Por qué no se podría ver la ISS desde los Países Bajos cuando ésta se encuentra encima de Australia (ilustración 2)?
3. ¿Por qué no se puede ver la ISS de día (ilustración 3)?

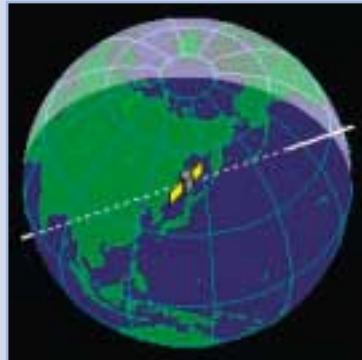


Ilustración 1



Ilustración 2

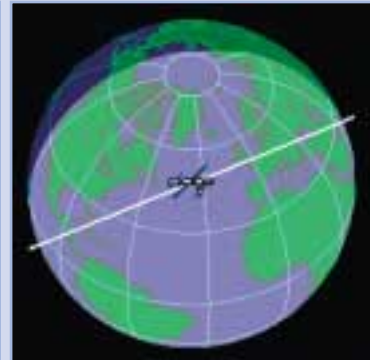


Ilustración 3

### Haz un boceto de la órbita de la ISS en dos dimensiones

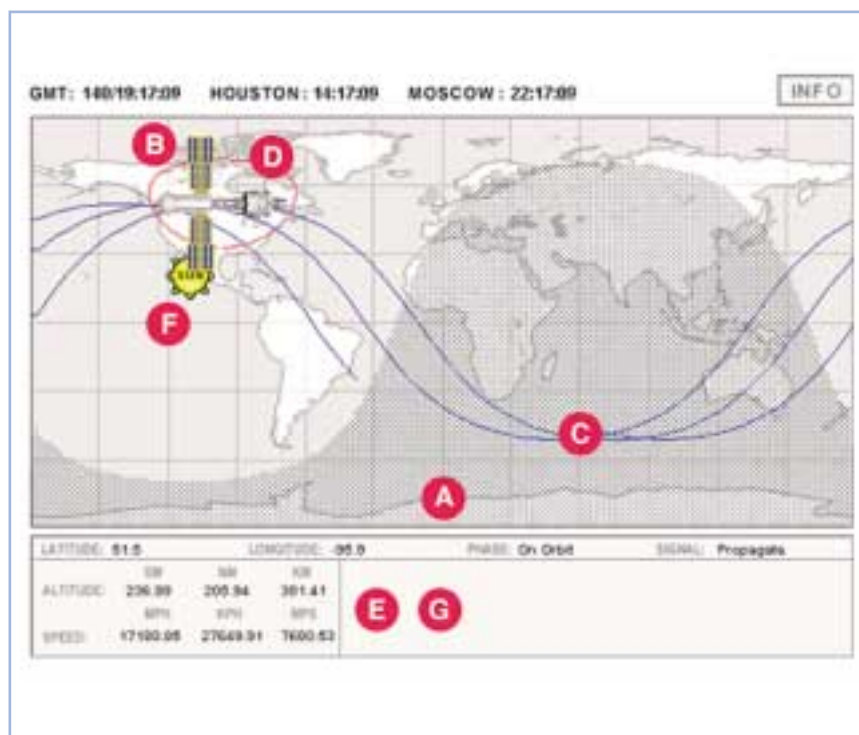
Material necesario: un compás, un transportador, una regla, un lapicero y papel.

La ISS gira de **Oeste a Este** y cruza el Ecuador con un ángulo de  $51,6^\circ$ .

1. Haz un boceto de la Tierra (utiliza un compás). Traza una línea que pase por el centro del círculo, que representará el Ecuador. Traza otra línea, que pase también por el centro del círculo, pero esta vez a  $90^\circ$  con respecto al Ecuador. Marca el Norte, el Sur, el Este y el Oeste en el boceto.
2. Dibuja una nueva línea que indique la órbita de la ISS: esta línea tiene que tener una inclinación de  $51,6^\circ$  con relación al Ecuador.

## 1.2 – ¿Dónde se encuentra la Estación Espacial Internacional?

Aunque la ISS siga siempre la misma órbita en su recorrido alrededor de la Tierra, no pasa siempre sobre el mismo punto de nuestro planeta. Ello se debe a que la Tierra también gira alrededor de su propio eje una vez cada 24 horas. Cada vez que la ISS llega al mismo punto de su órbita, la Tierra ha girado y hay un nuevo punto debajo de la Estación Espacial.



### Explicación:

(A) El mapa del mundo. (La zona oscura indica los lugares donde es de noche en ese momento.)

(B) La Estación Espacial Internacional; el centro representa su latitud/ longitud actual.

(C) La línea azul marca la trayectoria de vuelo de la Estación Espacial Internacional sobre la Tierra.

(D) El círculo rojo alrededor de la Estación Espacial Internacional representa su horizonte (la zona de la Tierra desde la que se puede ver la ISS).

(F) El círculo amarillo representa el cenit del Sol (el mediodía en la Tierra).

La órbita de la ISS abarca el 85% de la superficie de la Tierra, incluidos los países que albergan el 95 % de la población mundial. Sólo desde las zonas más septentrionales y más meridionales del mundo resulta imposible ver la ISS.

### Descubre si la ISS se ve desde donde tú vives.

Visita en internet la página [www.esa.int/seeiss](http://www.esa.int/seeiss) y escribe el nombre de tu ciudad. Si se ve, la página te proporcionará una carta celeste en la que se indica dónde se encuentra la ISS en este momento y su trayectoria de vuelo. La página facilita asimismo una tabla que informa de la fecha y hora exactas a las que se puede ver. Dado que, según las circunstancias, la ISS puede resultar visible durante apenas unos minutos (no en vano viaja a... ¡28.000 km/h!), la misma tabla también ofrece información para buscarla en el cielo.

Examina la tabla y averigua lo que significan los siguientes términos y de qué manera pueden ayudarte a ver la ISS:

- ¿Mag. (magnitud)?
- ¿Alt. (altitud)?
- ¿Az. (acimut)?

Si necesitas más información, busca en [www.esa.int](http://www.esa.int).

Cuando hayas descubierto cuándo y dónde ver la ISS, puedes invitar a otras personas a ver juntos la "estrella fugaz".



## 1.2 – ¿Dónde se encuentra la Estación Espacial Internacional?

### ¿Cómo consigue la ISS mantenerse en órbita?

Para poner en órbita la ISS se necesita la ayuda de un cohete. Para alcanzar la órbita y mantenerse en ella, la ISS necesita una determinada velocidad.

#### ¿Qué velocidad es necesaria?

Material necesario para el experimento: una cuerda (1m) y una goma de borrar.

Lee todo el experimento que sigue e imagina lo que sucedería con la velocidad si cambias la longitud de la cuerda. Descríbelo antes de llevar a cabo de forma práctica el experimento.

Experimento:

1. Ata uno de los extremos de la cuerda alrededor de la goma de borrar.
2. Sujeta el otro extremo de la cuerda y haz girar la goma en un movimiento circular.
3. Acorta la cuerda y repite el experimento.
4. Intenta conseguir una órbita lenta con una cuerda más corta.

Realiza el experimento, observa y describe lo que sucede. Compáralo con la descripción de lo que tenías previsto que pasara. ¿Hay alguna diferencia?



La velocidad necesaria para permanecer en órbita depende de la distancia con respecto a la Tierra. Si la velocidad es demasiado baja, la nave caería a la Tierra. Si la velocidad es demasiado alta, la nave saldría disparada hacia el espacio exterior.

Para generar velocidad, es necesario aplicar una fuerza que acelere la estación espacial. Si la fuerza aplicada no es suficiente, la fuerza de la Tierra ([la gravedad](#)) tirará de la nave hacia la Tierra. Si la fuerza aplicada es excesiva, las fuerzas de la gravedad de la Tierra no serán lo suficientemente poderosas como para mantener la nave espacial en órbita.

La ISS y otros satélites giran alrededor de la Tierra, igual que la Luna. La Tierra y los demás planetas de nuestro Sistema Solar giran en torno al Sol

Con lo que has aprendido sobre órbitas –sobre la velocidad y la distancia con respecto al centro– averigua en qué orden, por su distancia respecto al Sol, se encuentran los planetas. En esta lista se indica cuánto tiempo tardan los planetas en describir su órbita alrededor del Sol (en meses de la Tierra):

Venus	7 meses
Saturno	354 meses
Plutón	2.976 meses
Mercurio	3 meses
Tierra	12 meses
Neptuno	1.978 meses
Marte	23 meses
Urano	1.008 meses
Júpiter	142 meses



#### Conocimientos divertidos

- ¿Cuántos “años de Mercurio” tienes?
- ¿Cuántos “años de Júpiter” tienes?
- ¿Cuántos “años de Urano” crees que vivirás?

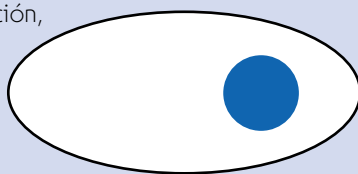


### Viaja con la ISS

$$C = 2\pi r$$

1. El radio de la Tierra es de aproximadamente 6.300 km y la ISS vuela a una altura de cerca de 400 km sobre la superficie de nuestro planeta. ¿Qué longitud tiene la órbita de la ISS?
2. La ISS viaja a una velocidad de unos 28.000 kilómetros por hora (km/h). ¿Cuánto tiempo tarda la ISS en describir una órbita completa alrededor de la Tierra?
3. ¿Cuántas órbitas completará la ISS alrededor de la Tierra en un periodo de 24 horas? ¿Cuántas salidas y puestas de sol pueden ver los astronautas desde la ISS?
4. Averigua a cuántos metros por segundo viaja la ISS (es decir, cuál es su velocidad en m/s).
5. La distancia entre Londres y Roma es de unos 1.422 km.
  - ¿Cuánto tarda la ISS en recorrer esa distancia?
  - ¿Cuánto tardaría un coche en recorrer la misma distancia si viajara a una velocidad media de 80 km/h?

La órbita de la ISS alrededor de la Tierra no es del todo redonda, es elíptica. Puedes trazar una elipse pinchando en una cartulina dos alfileres a una distancia de, por ejemplo, 12cm y colocando un lazo de cuerda alrededor de los mismos. A continuación, síguelo el interior de la cuerda con el lápiz.



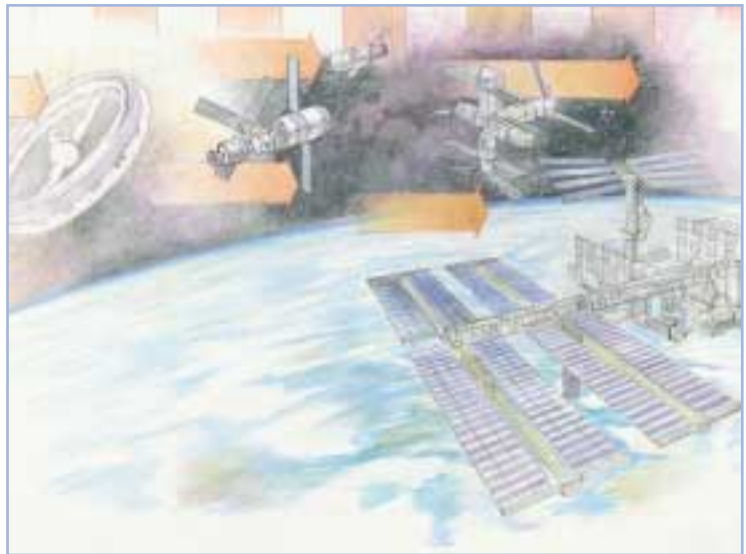
Su origen se remonta al 25 de enero de 1984, cuando Ronald Reagan, entonces Presidente de los **Estados Unidos**, invitó a otras naciones a tomar parte en la construcción de una estación espacial “tripulada de forma permanente”. **Europa, Canadá y Japón** respondieron a esta invitación con gran entusiasmo y pronto comenzaron a colaborar en la definición del proyecto.

La estación se llamaba inicialmente *Freedom* (‘libertad’ en inglés), porque en sus orígenes simbolizaba la unidad del mundo occidental. Sin embargo, el clima político cambió y en 1993 –con el fin de la Guerra Fría– Rusia acordó sumarse al resto de países participantes en el proyecto, que se ha convertido, hasta la fecha, en el mayor programa pacífico de cooperación científica y tecnológica del mundo.

«Queremos que nuestros amigos nos ayuden a acometer este empeño y que compartan sus frutos, (...) la NASA va a invitar a otras naciones a tomar parte en el mismo, para que podamos reforzar la paz, garantizar la prosperidad y ampliar la libertad para todos los que compartan nuestros objetivos.» (Ronald Reagan, 25 de enero de 1984).

### Las primeras estaciones espaciales

El sueño de viajar al espacio habita la mente del ser humano desde hace miles de años. En 1902, el maestro de escuela Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky escribió acerca de la construcción de un observatorio permanente en el espacio. Describió un observatorio en órbita, que definió como un **“invernadero”**, e imaginaba a los cosmonautas cultivando a bordo sus propias plantas, sin depender de suministros externos.



Algunos pioneros continuaron trabajando sobre estas ideas y estudiando las posibilidades de construir una estación espacial. Tras la II Guerra Mundial, se sopesaron nuevos ingenios y, en 1952, Wernher von Braun imaginó una **estación con forma de rueda**, que giraría alrededor de la Tierra en una órbita polar, con el fin de observar todo el planeta.

La Guerra Fría dejó su huella histórica en la exploración del espacio. Así, los años sesenta se caracterizaron por el predominio de una feroz competencia entre los Estados Unidos y la Unión Soviética por **pisar la Luna**, conocida con el nombre de **Carrera Espacial**. Pero fueron los astronautas americanos Neil Armstrong y Buzz Aldrin los que tuvieron la ocasión de pronunciar las famosas palabras “*Es un pequeño paso para el hombre, pero un gran salto para la humanidad*” el 21 de julio de 1969.

## 1.3 – La Estación Espacial Internacional, fruto de la cooperación entre países



Hubo que esperar hasta 1971 para ver la **primera estación espacial** en órbita. Se trató de la nave soviética Salyut-1 ('saludo', en ruso). En los once años siguientes la Unión Soviética lanzaría al espacio otros seis laboratorios más. Entre sus objetivos figuraban experimentos de distintas ramas de la ciencia y la tecnología en condiciones de ingravidez, aunque también tenían un uso militar.

En 1973 se lanzó el primer laboratorio americano, el Skylab, diseñado para ser habitado sólo por un periodo de dos años (1973-1974). El siguiente programa occidental centrado en la investigación en el espacio fue el Spacelab. En él, la investigación se llevaba a cabo a bordo de una nave espacial en órbita: la Space Shuttle o 'lanzadera espacial'. El Spacelab, construido por la Agencia Espacial Europea, se instaló en la plataforma de carga de la Space Shuttle, accesible desde la cabina de la lanzadera mediante un túnel practicable.

Cuando se lanzó en febrero de 1986 la primera pieza de la estación espacial soviética Mir ('paz', en ruso), se abrió una nueva era en el desarrollo de las estaciones espaciales. El plan era ensamblar en el espacio una estación modular compuesta por seis piezas. Estaba previsto que las piezas se acoplaran a lo largo de un periodo de varios años, pero las dificultades económicas retrasaron la conclusión de la Mir.



Cuando terminó la Guerra Fría y cambió el clima político entre EEUU y Rusia, los norteamericanos pagaron por llevar a sus astronautas a bordo de la Mir, con el fin de que adquirieran experiencia para la Estación Espacial Internacional. El programa de investigación de la Mir pudo continuar y Europa envió a dos de sus astronautas en el marco del proyecto Euromir. Cuando se puso en marcha el programa de la Estación Espacial Internacional, las actividades comunes en la Mir llegaron a su fin, alrededor de la segunda mitad de 1998.

Visita la página [www.esa.int/buildISS](http://www.esa.int/buildISS) para ver cómo ha progresado la ISS desde 1998.

### La primera o el primer...

- **Satélite en órbita alrededor de la Tierra:** 1957 Unión Soviética *Sputnik 1*
- **Ser vivo en el espacio:** 1957 Unión Soviética *La perrita Laika (murió al cabo de diez días en órbita)*
- **Sonda en la Luna:** 1959 Unión Soviética *Luna 2 (colisión)*
- **Hombre en el espacio:** 1961 Unión Soviética *J. Yuri Gagarin, en el Vostok*
- **Mujer en el espacio:** 1963 Unión Soviética *Valentina Tereshkova*
- **Paseo espacial:** 1965 Unión Soviética *Aleksei Leonov*
- **Hombre en la Luna:** 1969 EE.UU. *Neil Armstrong y Buzz Aldrin, en el Apollo 11*
- **Estación Espacial:** 1971 Unión Soviética *Salyut-1*



### Colaboración planetaria

Construir y mantener la Estación Espacial Internacional exige un enorme esfuerzo compartido por **personas de todo el mundo**. Por encima de fronteras, profesiones muy diversas trabajan juntas, superan retos y colaboran hasta en el último detalle de la gigantesca Estación. En Europa son diez países los que participan en su construcción, además de Canadá, Japón, Rusia y los Estados Unidos de América.

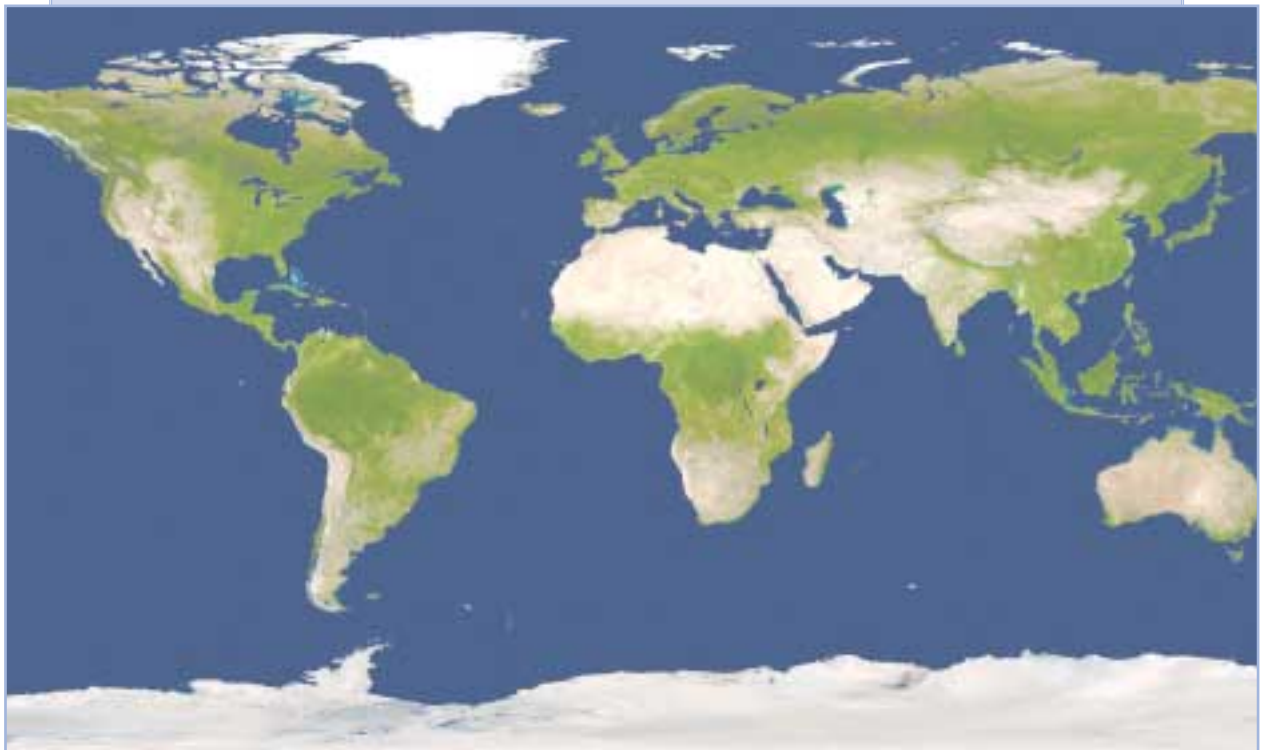
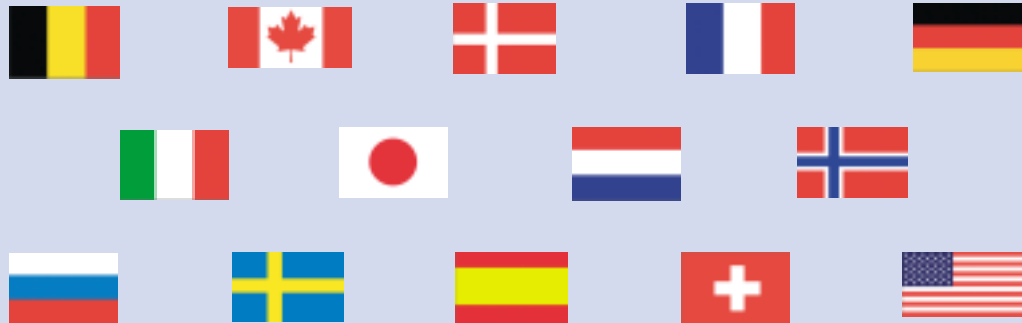
Imagina cuántas opciones profesionales diferentes existen en el campo espacial. Se necesitan ingenieros, técnicos y especialistas de prácticamente todos los campos de la ciencia. Una estación de trabajo espacial activa también depende de una plantilla de gestores, abogados y especialistas en comunicación. Y por supuesto ¡los astronautas!

Quizá te gustaría ser uno de los ingenieros que construirán las naves espaciales de la próxima generación, que desarrollarán el software necesario para gestionar una estación espacial o que se dedicarán a manejar y probar robots... ○ quizás sientas un interés especial por la biología o la química y desees realizar descubrimientos científicos... ○ acaso quieras participar en la exploración del espacio y contribuir a mejorar la calidad de vida en la Tierra...

La ciencia y la tecnología son cada vez más importantes en nuestra vida cotidiana. Tanto ahora como en el futuro, se necesitan hombres y mujeres muy preparados para afrontar los desafíos científicos y tecnológicos.

### Los socios internacionales

1. Descubre qué países participan en el programa de la Estación Espacial Internacional y sitúalos en el mapa.



3. Escribe un trabajo sobre uno o más de estos temas:

- Guerra Fría
- Carrera Espacial
- Paz
- Estación espacial
- Colaboración
- Esperanza

4. Escribe un relato de ciencia ficción sobre las estaciones espaciales del futuro.

5. Escribe acerca de tus propios sueños y planes para el futuro: ¿En qué te gustaría trabajar y por qué? ¿Qué clase de educación y experiencia necesitas para cumplir tus sueños?

## 1.4 – La contribución europea



Europa participa en el desarrollo del programa de la Estación Espacial Internacional (ISS) desde 1984, cuando los Estados Unidos de América invitaron a otras naciones a tomar parte en la construcción de una estación espacial tripulada de forma permanente. La participación europea se coordina a través de la Agencia Europea del Espacio (ESA) y diez de sus quince Estados miembros se han sumado al programa de la ISS: Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Italia, Noruega, los Países Bajos, Suecia y Suiza.

Los socios participantes han alcanzado un acuerdo en el que se detallan todos los aspectos necesarios relacionados con la construcción y el mantenimiento de la Estación Espacial. Por ejemplo, se necesita un conjunto de normas precisas con el fin de garantizar que las piezas, que se fabrican por todo el mundo, encajen a la perfección a la hora de ensamblarlas en órbita, a 400 km de la superficie de la Tierra.

Europa es responsable de forma exclusiva de algunos **elementos esenciales** de la ISS, como el laboratorio europeo Columbus y el Vehículo Automatizado de Transferencia (ATV). Como aportaciones europeas relevantes también destacan:

- El Brazo Robótico Europeo
- La Cúpula
- Nodos (módulos de enlace)
- El Sistema de Gestión de Datos

Además de estos elementos fundamentales, los científicos e ingenieros europeos también aportan otros **equipos** que se van a utilizar en la Estación Espacial. Un ejemplo de ello es la Caja con Guantes para la Ciencia de la Microgravedad, que permitirá realizar experimentos en un entorno absolutamente limpio (estéril). Esta caja con guantes se envió a la ISS en 2002 y se encuentra dentro del laboratorio americano Destiny (para más información, véase el capítulo 4.2). Otro ejemplo es el "congelador" [MELFI](#), que proporciona una capacidad



## 1.4 – La contribución europea

de almacenamiento refrigerado de hasta 80 kg para muestras de laboratorio. MELFI quiere decir "Laboratorio Congelador a Menos Ochenta grados para la ISS"..

Universidades e institutos de investigación de toda Europa desempeñan un papel importante en el trabajo de **investigación** que se realiza a bordo de la Estación Espacial. Los científicos europeos diseñan experimentos que se llevarán a cabo en las instalaciones de investigación de la ISS. También ayudarán a supervisar los experimentos durante su realización a bordo y analizarán los datos de los mismos.



Sin embargo, los europeos no sólo van a trabajar en tierra, sino también a bordo de la Estación Espacial. **El Cuerpo de Astronautas Europeos** está compuesto por 16 astronautas altamente cualificados y formados quienes, a bordo de la Estación, constituyen una parte esencial de un gran equipo científico con base en la Tierra. Por toda Europa hay repartidos numerosos **centros de control** y "Centros de Operaciones y Soporte al Usuario" que ayudan a la tripulación de la ISS y controlan y dirigen los experimentos y el hardware a bordo de la Estación.

### ¿Cuál es la contribución de tu país?

Con ayuda del Material Educativo de la ISS, descubre cuáles son las principales aportaciones europeas a la ISS. Hay más información en la página web de la ESA: [www.esa.int](http://www.esa.int)

- ¿Cuáles son los elementos esenciales que aparecen en las siguientes fotografías e ilustraciones? Une los nombres situados en el recuadro con las imágenes correspondientes.
- ¿Para qué se utilizan estos elementos? Escribe de 3 a 5 palabras clave acerca de cada uno de los elementos.
- ¿Cuál es la participación de tu país en el desarrollo de estos elementos, en la investigación que se lleva a cabo a bordo de la ISS o en otros proyectos espaciales? (Puedes recurrir, por ejemplo, a la página web [www.esa.int/export/esaHS/partstates.html](http://www.esa.int/export/esaHS/partstates.html) para recabar más datos).



El laboratorio europeo Columbus  
El Vehículo Automatizado de Transferencia (ATV)  
El Brazo Robótico Europeo  
La Cúpula  
Un nodo (módulo de enlace)  
El Sistema de Gestión de Datos



### Diseña tu propio logotipo de misión

Cada misión espacial tiene su logotipo. El logotipo suele incorporar diversos elementos, por ejemplo, el nombre de la misión, los colores de la bandera (como en el que aparece en esta página, que representa la misión del astronauta belga de la ESA, Frank de Winne), un elemento que simboliza el trabajo que se va a realizar durante la misión (por ejemplo, una investigación o un nuevo módulo para la Estación) o un elemento que indica la naturaleza de la misión (por ejemplo, una órbita).

Diseña tu propio logotipo de misión y describe qué representan las diferentes partes del mismo. Envía el logotipo a la ESA y, ¿quién sabe?, ¡quizás un día surque el espacio!





### 3 – La vida a bordo de la Estación Espacial Internacional



El astronauta de la ESA  
Umberto Guidoni.

En la actualidad, la ISS alberga a tres astronautas que pasan hasta seis meses seguidos a bordo. A ellos se les unen periódicamente otros astronautas que vuelan hasta la ISS a bordo de la lanzadera espacial americana Space Shuttle o del cohete ruso Soyuz.

El astronauta de la ESA, Umberto Guidoni, primer europeo en poner el pie en la ISS y veterano de dos misiones de la Space Shuttle, describe así el arte de la vida en el espacio:

“Para empezar, hay que ser realmente ordenado. No se pueden dejar las cosas sobre una mesa, porque no estarán allí cuando vuelvas. Cualquier objeto que se deja suelto sencillamente sale flotando. Una vez casi pierdo de ese modo un disquete de ordenador con información importante. O sea que hay que sujetarlo todo, generalmente con cinta adhesiva o con velcro: no son alta tecnología...

¡pero sí dos de los inventos más importantes que se utilizan en el espacio!”

#### **Pero ¿cómo se siente una persona en ingravidez?**

“Al principio, se tiene la sensación de flotar. Uno se siente como en el agua –antes de mi primer vuelo, esa era mi experiencia previa más parecida–; es como estar en el agua, pero sin agua; no sé si me entendéis. Se tienen toda clase de sensaciones raras. Crees que tu cuerpo, de alguna manera, no está en el lugar correcto; cuando vuelves la cabeza, la giras demasiado. La adaptación es rápida, aunque se tardan 24 horas en recuperarse del mareo y del mal del espacio. Después de eso, la ingravidez resulta divertida. A pesar de todo, se tardan desde unos días hasta una semana antes de tener la percepción de que se pueden hacer las cosas de forma eficiente.”

“Es muy fácil perder todo el sentido de la orientación. Recuerdo una vez que estaba trabajando en uno de los nodos de la Estación. Sin darme cuenta, estaba dando vueltas en el aire mientras trabajaba. De pronto, no tenía ni idea de en qué lado me encontraba.”

“Llegar a la Estación desde la Space Shuttle, es como mudarse de un apartamento de un dormitorio a una gran mansión. Por ahora, la ISS es en realidad un tubo largo, con túneles que conectan los diferentes módulos. Te dices a ti mismo, “Caramba, sería divertido recorrerlo volando de punta a punta”. Los astronautas que realizamos misiones cortas, como yo, nunca conseguimos cogerle el truco. En

cambio a las tripulaciones de las misiones largas se les da estupendamente: de extremo a extremo sin tocar nada. ¡Qué fantasmas!”



El astronauta de la ESA, Roberto Vittori, entrando en la ISS por primera vez.

#### **¿Y qué me dices de la vida cotidiana? Comer, dormir y todo eso...**

“Comer resulta difícil. En la mayoría de los casos, se come de una bolsa de plástico con una cuchara... ¡y con

Los nodos son “pasillos de enlace” que permiten a los astronautas pasar de un módulo o “habitación” de la Estación Espacial a otro, y que conectan módulos entre sí. Algunos de los nodos cuentan también con puertos de acoplamiento para las naves espaciales visitantes.



El astronauta de la ESA Frank de Winne (a la derecha) con su equipo durante la misión Odissea

mucho cuidado! Cualquier movimiento brusco y la comida sale volando para terminar pegada a una pared. Sin embargo, comer puede seguir siendo una experiencia social. El módulo ruso Zvezda de la Estación Espacial cuenta de hecho con una mesa, que constituye además un punto de referencia de lo que es "arriba" y lo que es "abajo". Tienes que mantener los pies sujetos mediante lazos situados en el "suelo", claro está, pues de lo contrario sencillamente te alejarías flotando. Para echar un sueño no tienes más que meterte

dentro de un saco de dormir previamente atado a algún enganche y, como a bordo hay bastante ruido, muchos astronautas usan tapones para los oídos."

El ruido procede sobre todo de los ventiladores, que son esenciales para mantener en todo momento la circulación del aire. En la Tierra, las corrientes de convección hacen que el aire se mantenga en constante movimiento. Pero en ingravidez las corrientes de convección no funcionan, porque nada es más pesado o más ligero que cualquier otra cosa. Sin los ventiladores, el dióxido de carbono exhalado por un astronauta durante el sueño no circularía. El gas permanecería en forma de burbuja en torno a su cabeza.

Se forma una **corriente de convección** cuando el aire caliente, más ligero, asciende, y el aire frío, más pesado, desciende.

Y Guidoni añade:

"El sistema de ventilación también atrapa la mayor parte de los objetos que se pierden, que más tarde o más temprano vuelan hacia una de las rejillas de ventilación. Por cierto que eso es lo que sucedió con el disquete que perdí."



Umberto Guidoni entrando en el módulo Zarya de la ISS.

#### **¿Y en el cuarto de baño?**

“Todo el mundo me formula esa pregunta. Los inodoros espaciales utilizan una bomba de aire para aspirar los residuos; un sistema ruidoso pero efectivo. Y, por supuesto, hay que sujetarse al inodoro con cintas. Por desgracia, no hay duchas a bordo de la ISS, por lo que, para mantenernos limpios, utilizamos toallitas húmedas y tomamos “baños” de esponja con un jabón que no forma burbujas.”

A bordo de la ISS se recicla toda el agua posible, a partir de la condensación del aire de la Estación. Es algo que habría que hacer de todos modos para impedir que se formen glóbulos de agua en lugares difíciles. Sin embargo, el agua potable junto con la comida, el aire respirable y los equipos, se tienen que traer de la Tierra.

Muchos de los experimentos científicos que se llevan a cabo a bordo de la ISS tienen que ver con la reacción del cuerpo humano a largos periodos de ingravidez. Sin gravedad a la que vencer, los músculos y los huesos se debilitan, y sin gravedad que haga bajar los fluidos corporales, estos ascienden y provocan que el rostro se hinche y las piernas adelgacen. Por ese motivo los astronautas de la ISS dedican más o menos una hora al día a realizar ejercicio físico. Aunque no sea una solución completa, ayuda. Cuando los astronautas regresan a la Tierra al cabo de unos pocos meses de servicio, necesitan semanas de tratamiento médico para poder adaptarse a la carga de un peso que el resto de nosotros da por sentado.

#### **Parece todo bastante incómodo. ¿Por qué ser astronauta y, con frecuencia, dedicar años al entrenamiento en la Tierra para un único vuelo al espacio?**

“A la mayoría de los astronautas les desconcierta esa pregunta. ¿Quién preferiría dedicarse a otra cosa? La experiencia de la ingravidez y el placer de llevar a cabo un trabajo difícil que pocas personas tendrán jamás la oportunidad de realizar, hacen que merezca la pena. Y por supuesto, las vistas: mirar por la ventana es una de las actividades de recreo favoritas en el poco tiempo libre del que los ajetreados astronautas pueden disponer. Aunque no se trata, generalmente, de las vistas del espacio. Lo que miramos es la Tierra, al menos nueve de cada diez veces. Siempre cambiante, siempre interesante, siempre hermosa.”



*Guidoni sujeto a la “bicicleta” a bordo de la Estación Espacial.*



*Claudie Haigneré observando la Tierra a través de una ventanilla de la ISS*

## 3.1 – ¿Cómo pasan el día los astronautas?

### ¿Cómo pasan el día los astronautas?

#### ¿Cómo pasas el día?

1. Haz una lista: escribe a qué dedicas el día y cuánto tiempo dedicas a las diferentes actividades que realizas.
2. Debate cómo pasan el día distintas personas y los motivos por los que cada uno emplea su tiempo de forma diferente.
3. Compara tu vida cotidiana con la de los astronautas a bordo de la ISS.
4. ¿Podrías realizar tus actividades diarias a bordo de la ISS o tendrías que cambiar algo?

Como la ISS tarda 90 minutos en girar alrededor de la Tierra, no existe el ritmo de día y noche de 24 horas al que estamos acostumbrados en nuestro planeta. Durante **una órbita**, la ISS se encuentra al sol durante 45 minutos y, durante otros 45 minutos, a la sombra de la Tierra. Pese a ello, los astronautas intentan mantener un ritmo artificial de 24 horas lo

más parecido posible al que están acostumbrados en la Tierra. Utilizando el **GMT** como referencia, intentan **dormir** ocho horas durante la "noche" y **trabajar** ocho horas diarias entre semana. El resto del día lo dedican a comer, hacer ejercicio, relajarse y **divertirse**.



El astronauta Philippe Perrin flota cerca de la Caja con Guantes de Ciencia de la Microgravedad, en el laboratorio Destiny de la ISS.

Los sábados, los astronautas suelen tener una jornada de trabajo de cuatro horas, mientras que el domingo es su día libre. En ocasiones, sin embargo, hay que comprobar algún experimento o realizar trabajos de mantenimiento.

#### Haz la lista de comprobación de tu misión

1. Haz una lista de comprobación de lo que tendrías que llevarte para sobrevivir durante una misión de 10 días en la ISS.
2. Si se te permitiera llevar una cosa a bordo de la ISS para entretenerte en tu tiempo libre, ¿qué te llevarías?



### 3.1 – ¿Cómo pasan el día los astronautas?



La Tierra vista desde la ISS

Casi la mitad del tiempo de trabajo de los astronautas está dedicado a los **experimentos** científicos. El resto del tiempo se aseguran que la Estación Espacial funcione como es debido realizando diversas clases de **mantenimiento** y actividades de control de la Estación Espacial. Como la ISS se encuentra todavía en construcción, pasan mucho tiempo conectando módulos y colocando los equipos en su lugar correspondiente. En este tipo de cometido se incluyen los paseos espaciales. Todas las actividades a bordo se anotan en un **diario**.

En su tiempo libre los astronautas pueden escuchar música o ver un vídeo. Algunos toman fotografías o se pasan horas delante de una ventana, mirando el planeta Tierra. A la luz del día se aprecian construcciones humanas, como las grandes ciudades y las autopistas. Cuando en la Tierra es de noche, las ciudades, con su iluminación, brillan como diamantes, y las autopistas que las conectan relucen como hilos de luz. También se distinguen lagos, montañas y las formaciones de nubes. En la oscuridad, los astronautas pueden ver los volcanes activos y los rayos durante las tormentas eléctricas.



#### Un día a bordo de la ISS

1. Imagina que estás pasando un día a bordo de la ISS. Escribe acerca de ello en tu diario de astronauta.
2. Inventa una entrevista con un astronauta en la que le preguntas cómo es su día a bordo de la ISS. Incluye preguntas y respuestas.
3. Decide para qué revista o periódico te gustaría escribir. Escribe un artículo acerca de un día a bordo de la ISS. Ten en cuenta a tus lectores cuando escribas el artículo.
4. Dibuja una historieta que ilustre cómo es un día a bordo de la ISS.



El astronauta de la ESA Wubbo Ockels preparándose para dormir

### Averigua más...

... sobre los astronautas europeos: cómo es la vida en el espacio, o cómo convertirse en astronauta, en la página web:

<http://www.esa.int/export/esaHS/astronauts.html>

Desde esta página, puedes ir a European astronauts (astronautas europeos) donde podrás leer una entrevista con la astronauta de la ESA Claudie Haigneré, su diario de entrenamientos y el diario de su misión. Sigue el diario de entrenamiento de la misión Odissea y recaba más información acerca de próximas misiones.

### Europa vista desde el espacio

Marca en la imagen:

- Los nombres de los países europeos.
- Las capitales y otras grandes ciudades de Europa.
- Los nombres de los océanos que se ven.

Además, marca las fronteras de los países y los nombres de los principales lagos, islas, ríos y montañas.



## 3.2 – La higiene personal a bordo de la Estación Espacial Internacional

La higiene es tan importante a bordo de la ISS como lo es en la Tierra. Para su aseo personal, cada astronauta cuenta con un pequeño **equipo** que tiene todo lo necesario: un peine, tijeras, cepillo y pasta de dientes, jabón, champú, toallas y pañuelos. Los hombres llevan también una cuchilla, crema de afeitar y loción para después del afeitado, mientras que las mujeres, con toda probabilidad, incluyen su maquillaje. Este equipo lleva un velcro para que los astronautas puedan sujetarlo a la pared, pues de lo contrario... ¡podría salir volando mientras se lavan los dientes!

Una de las diferencias más notorias que afectan a la higiene a bordo de la ISS comparada con la Tierra, es el comportamiento del **agua** en condiciones de ingravidez.

### El agua y las fuerzas gravitatorias

Materiales necesarios: agua, una pipeta y un bol

1. Vierte agua en el bol. Describe la forma del agua y explica por qué adopta esa forma.
2. Extrae un poco de agua con la pipeta. Presiona con cuidado para formar una gota. Intenta evitar que la gota caiga. Describe la forma de la gota de agua.
3. Intenta observar la forma de una gota de agua en caída libre. ¿Hay alguna diferencia?



En ingravidez, el agua forma esferas

### El agua en ingravidez

En ingravidez, el agua no cae al «suelo», sino que flota libremente en forma de gotas. Esto se debe a que en cada gota existe una fuerza llamada **tensión superficial** que actúa entre sus moléculas: las **moléculas** situadas en la superficie son atraídas hacia

el interior. Así, el agua se comporta como si tuviera una «piel», lo que nos ayuda a comprender cómo los insectos pueden «caminar» sobre el agua. Esta es la razón por la que el agua forma esferas en condiciones de ingravidez. Por ese motivo, todos los líquidos, hasta el zumo de naranja del desayuno, se guardan en recipientes cerrados.



La astronauta de la ESA Claudie Haigneré tomando un café

### El agua forma esferas

Puedes ver de qué manera los líquidos forman esferas vertiendo unas gotas de agua con tinta en un recipiente con aceite. Utiliza, por ejemplo, aceite de oliva y una mezcla de colorante para comida con agua. De esta forma resulta más fácil ver el agua cuando se vierte en el aceite.

### Imagina:

- Darte una ducha a bordo de la ISS.
  - Verter agua por el fregadero a bordo de la ISS.
  - Beber de una taza a bordo de la ISS.
- Dibuja o explica con palabras lo que crees que sucedería.

### La ducha

En la actualidad, no hay ducha en la ISS. Aunque existan tubos de aspiración que recogen el agua en bolsas, siempre es complicado cerciorarse de que no se escape ninguna gota. Además, el agua tiene tendencia a adherirse a las superficies y, como flota, se cuelga por todas partes, incluso... ¡por los oídos y la nariz de los astronautas!



El agua no resbalaría sobre ti del mismo modo que en una ducha de la Tierra. Por eso, la mayoría de los astronautas no consideran que darse una ducha en la ingravidez sea tan relajante como en la Tierra. A bordo de la ISS, una buena alternativa es utilizar trapos húmedos para lavarse, con jabón que no necesite aclarado o con tejidos tratados con lociones desinfectantes especiales. Además así consiguen reducir el consumo de agua.



### Lavarse el pelo

Los astronautas utilizan un tipo especial de [champú](#) para lavarse el pelo. Se aplica como un champú normal pero se quita con una toalla. No es necesario aclararlo con agua. Este tipo de champú también se puede comprar en algunas tiendas de la Tierra porque resultan útiles para aquellos viajes en los que el acceso al agua es limitado.



### Lavarse los dientes

Para [lavarse los dientes](#), los astronautas utilizan una pasta dentífrica normal. Toman el agua de un dispensador, pero no tienen un lavabo donde enjuagarse. En vez de ello, escupen en un pañuelo de papel y tiran éste a un contenedor. También pueden utilizar una pasta de dientes comestible. Se trata de un dentífrico diseñado para ahorrar agua.



El tubo de aspiración, utilizado para recoger el cabello cortado.

### Afeitado

Es posible afeitarse con maquinilla eléctrica en la ISS, pero hay que hacerlo junto a un [tubo de aspiración](#) para evitar que el pelo salga flotando. Afeitarse con espuma puede resultar bastante complicado pues, aparte de que no hay lavabo, el agua y la crema de afeitar tienden a pegarse a la cara. La crema y los restos de pelos que se pegan a la cuchilla hay que limpiarlos con un pañuelo y deshacerse de él con cuidado para que no se escapen flotando esos residuos diminutos pero pegajosos.



### Inodoro

Cuando los astronautas quieren utilizar el inodoro, lo primero que tienen que hacer es sujetarse a él con una cinta; de lo contrario flotarían.



En vez de utilizar agua, el inodoro cuenta con un tubo de aspiración que arrastra los residuos mediante una corriente de aire hasta un conducto de succión. Luego, los residuos sólidos se comprimen y almacenan para su posterior eliminación, mientras que la orina se recoge en un recipiente aparte para su reciclaje. Así, la orina depurada se procesa y a partir de ella se obtiene, por ejemplo, aire respirable para la tripulación.

### Diseña el cuarto de baño de una Estación Espacial

Diseña un equipo de higiene personal para una Estación Espacial y un sistema de almacenamiento para el cuarto de baño.

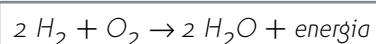
El equipo de higiene debería tener un tamaño compacto y ser lo más ligero posible. El sistema de almacenamiento tiene que garantizar que tanto el equipo como todos los demás elementos no salgan volando. Encuentra diferentes materiales que se puedan utilizar para satisfacer las necesidades que se plantean en la ingravidez. Es posible que los productos necesarios para el equipo los encuentres en alguna tienda.



### 3.3 – El reciclaje del agua a bordo de la ISS

#### La disponibilidad limitada del agua

A bordo de la ISS, el agua es un recurso limitado y caro porque **el espacio de almacenamiento** se reduce al mínimo posible, y además no existe un **suministro continuo**. Hay que traerla desde la Tierra. Se puede transportar en varias **lanzaderas** u obtenerla de la Space Shuttle, que produce agua cuando las pilas de combustible a bordo de la lanzadera norteamericana combinan oxígeno e hidrógeno para producir electricidad.



El sistema de soporte vital de la ISS está concebido para reciclar la mayor cantidad de agua posible, incluida la orina y la humedad del aire de cabina. Además, para reducir al mínimo el consumo de agua, se ha de aprovechar su uso al máximo. Por ejemplo, en una ducha en la Tierra se gastan unos 50 litros; en cambio, un astronauta utiliza menos de cuatro litros en su higiene personal y no más de 10 litros de agua en total al día.



El agua, transportada en bolsas a la ISS

#### El sudor de los astronautas

Un astronauta consume unos 2,7 litros de agua al día a través de la comida y la bebida. La mayor parte de este agua vuelve a salir del cuerpo, ya sea en estado líquido (en forma de orina o sudor) o gaseoso, en forma de vapor (por los poros o al respirar). Si el **vapor de agua** que producen los cuerpos no se retirara del aire, la Estación pronto parecería una sauna y los astronautas tendrían dificultades para respirar.

El sistema de soporte de la ISS cumple diversos cometidos. Mantiene limpio el aire de cabina (lo filtra de partículas y microorganismos), suministra el nivel adecuado de gases, la presión del aire preferible y la temperatura adecuada. Como se indicaba en el párrafo anterior, también controla la humedad: si el nivel es demasiado elevado, el sistema de soporte vital de la ISS se encarga de recoger el excedente de vapor de agua en el aire.

Pensemos en un día frío y en una persona con gafas que entra una estancia más caliente y húmeda: las gafas se le empañan inmediatamente. Este "vaho" no es más que una capa de diminutas gotas de agua sobre los cristales. El principio de la recuperación del agua a bordo de la ISS es muy similar: se hace pasar el aire caliente a través de una superficie fría en la que se forman diminutas gotas de agua (**condensación**). Sin embargo, a bordo



de la ISS impera la **ingravedez**, lo que quiere decir que las gotas de agua no son más pesadas que el aire y que no resbalan superficie abajo para que se puedan recoger en la parte inferior. Una solución a este problema consiste en **hacer girar la superficie**. La rotación empuja las gotas hacia el exterior de la superficie, donde se las puede recoger. También se pueden utilizar superficies con revestimiento hidrófilo unidas a **chupones** (pequeños orificios con tubos de aspiración en la parte posterior). El revestimiento hidrófilo se utiliza para que el agua se adhiera a la superficie y los **chupones** sorben el agua de ésta.

### 3.3 – El reciclaje del agua a bordo de la ISS

Tras recoger el agua condensada, hay que **depurarla** eliminando [las bacterias y los iones](#) y moléculas no deseados. Es necesario para la salud de la tripulación. La unidad que realiza esta tarea es el **sistema de tratamiento del agua** y la depuración se lleva a cabo en varios pasos:

1. Cuando el agua residual entra en el sistema de tratamiento del agua un separador de líquidos **elimina las burbujas de gas** del líquido. A continuación, el gas y el agua se pueden tratar por separado, lo que simplifica el equipamiento y los procesos necesarios para los pasos siguientes.
2. Una vez retirado el gas, el agua se **filtra** como el café en un filtro de cafetera. Todas las partículas con un diámetro superior a 0,5 micras quedan atrapadas en el filtro, igual que el café molido en el filtro de papel. (Para hacernos una idea: el grosor medio de un cabello humano es de unas 10 micras.)
3. Tras este paso, se hace pasar el agua a través de una superficie que contiene un material absorbente y un material de intercambio de iones. En este proceso, la mayoría de los **contaminantes se eliminan** del agua.
4. A continuación, sólo quedan algunas **moléculas diminutas** que hay que eliminar para que los astronautas puedan reutilizar el agua. Estas moléculas se eliminan calentando el agua a más de 100° C y luego haciéndola pasar a través de un catalizador.

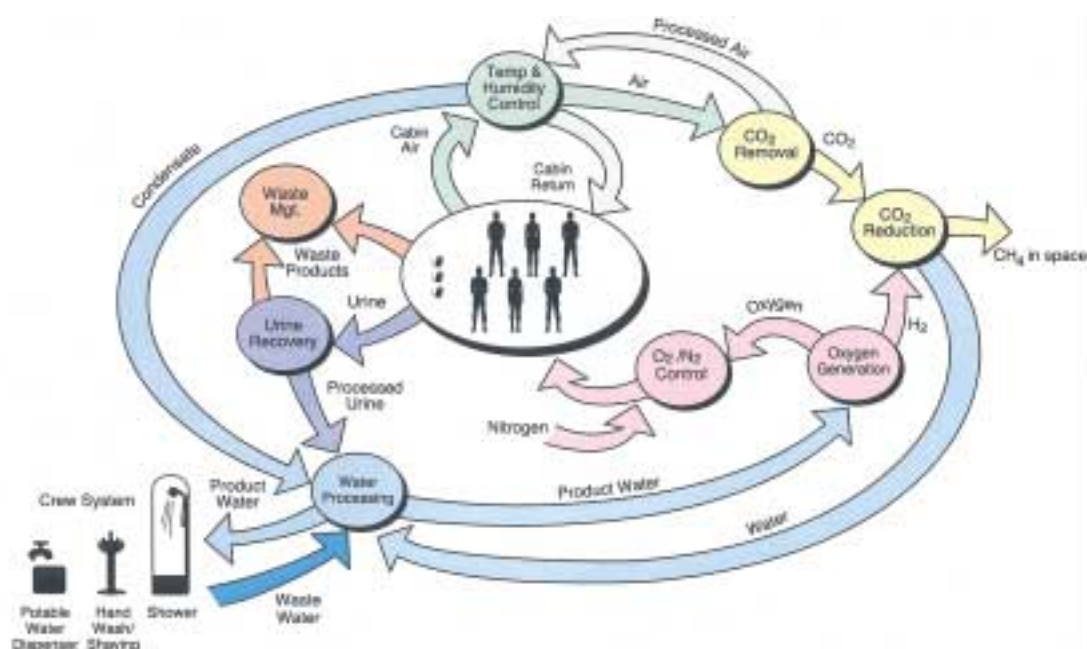
*El material absorbente recoge las moléculas que queremos eliminar (funciona como una esponja).*

*El material de intercambio iónico atrae los iones no deseados (del mismo modo que un imán atrae el metal) y libera los iones deseados.*

*Un catalizador es una sustancia química que favorece determinadas reacciones químicas de tal modo que haga falta menos energía para conseguir la reacción deseada.*

*Con un catalizador, una reacción química se puede dividir en dos reacciones parciales que precisen menos energía de activación. En otros casos, las reacciones sólo se producen en presencia de un catalizador. Un ejemplo de lo dicho es el catalizador de los automóviles modernos. Reduce la cantidad de gases de escape descomponiendo los restos del combustible hasta reducirlos prácticamente a agua y dióxido de carbono.*

Si aún quedaran partículas en el agua tras haberse sometido a este proceso de filtrado, se la vuelve a someter al mismo tras enfriarla. Cuando el agua sale del sistema de tratamiento del agua a bordo de la ISS, está más limpia... ¡que el agua que la mayoría de nosotros bebe en la Tierra!



#### Investiga y filtra el agua dulce local

##### Material necesario:

- Papel reactivo para medir el nivel de pH
- Una muestra de agua
- Un recipiente transparente para la muestra de agua
- Un sistema de filtrado
  - Filtro de café: un filtro de café, un embudo y un recipiente transparente
    - o:
  - Filtro de arena: una botella de plástico (de 1 1/2 o 2 litros), una venda, una goma elástica, arena lavada, arena gruesa lavada, guijarros lavados y un recipiente transparente.

##### Muestra de agua

Encuentra una fuente de agua dulce local cercana (por ejemplo, un río o un lago) y toma una muestra de agua para llevarla al colegio en un recipiente transparente. Mientras tomas la muestra, echa un vistazo a las condiciones que rodean el origen de la misma: describe la zona e investiga la presencia de basuras y otra contaminación.

- Describe la apariencia y olor de la muestra de agua.
- Mide el nivel de pH de la muestra.

Para las siguientes tareas, puedes utilizar también una muestra de aguas residuales (por ejemplo, mezcla agua del grifo con tierra, posos de café, leche, sopa... utiliza lo que tengas disponible).

##### Filtro de arena

Existen diferentes métodos para depurar el agua y se emplean en un orden específico antes de que el agua esté lo bastante limpia para volver a utilizarla. El filtrado es uno de esos métodos. También existen diferentes tipos de filtros. Si hay objetos grandes en el agua (por ejemplo, bolsas de plástico u otras basuras), se podría utilizar un filtro con una rejilla mayor para eliminar los elementos no deseados. Sin embargo, aún quedarían en el agua muchas partículas no deseadas. El filtro empleado a bordo de la Estación Espacial, por ejemplo, no permite que partículas demasiado grandes superen el filtro. Se puede confeccionar un sistema de filtrado utilizando un filtro de café en un embudo situado encima de un recipiente transparente para recoger el agua. De lo contrario, puedes probar con un filtro de arena:

- Quita el tapón y corta la base de una botella de plástico (de 1 1/2 o 2 litros, transparente).
- Coloca un trozo de venda alrededor de la boca (donde estaba el tapón). Sujeta la venda colocando una goma elástica alrededor del cuello de la botella.
- Coloca la botella bocabajo sobre un recipiente capaz de recoger el agua cuando ésta atraviese el filtro.
- Llena un 1/4 la botella con una capa de arena fina (lávala con agua primero).
- Pon una siguiente capa (la misma cantidad) de arena gruesa (también lavada).
- A continuación añade la última capa de guijarros lavados.

##### Filtrado

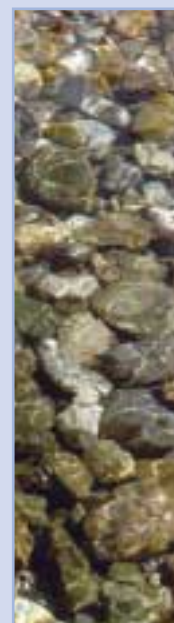
Filtra el agua vertiéndola en la botella boca abajo, a través del filtro de arena. Observa el agua durante y después del filtrado. ¿Qué sucede? ¿Se produce algún cambio de aspecto, de olor o de nivel de pH?

##### Debate

- ¿Qué se puede eliminar? ¿Qué es lo que permanece en el agua?
- ¿Qué diferencias habría si te dejabas fuera una de las capas o cambiaras el orden?
- ¿Te beberías este agua? ¿Por qué?

##### Para seguir investigando:

- Investiga cuál es el nivel normal de pH y si tu muestra de agua presenta alguna anomalía. ¿Qué se puede hacer si el nivel de pH es demasiado alto o bajo?
- A partir de la descripción de la apariencia y del olor de tu muestra de agua, investiga si se debería enviar a las autoridades locales para que sigan analizándola.
- Investiga de dónde viene el agua potable local y qué métodos se han utilizado al depurar el agua para su consumo humano.
- En algunas zonas, la lluvia ácida constituye un problema. Investiga acerca de las causas de la lluvia ácida y cuáles son sus consecuencias.



#### El agua mágica...

##### 1. ¿Cuánta agua necesitas?

- Haz una lista y anota para qué utilizas agua.
- Investiga cuánta agua utilizas al día (por ejemplo, cuando te laves los dientes, recoge el agua que utilizas en el lavabo y marca el nivel de la misma con un lapicero. Después de vaciar el lavabo, vuélvelo a llenar hasta la marca con un recipiente de un litro: de este modo podrás averiguar, paso a paso, cuánta agua gastas para lavarte los dientes). Recuerda que usas agua para beber, para cocinar, para lavarte, para lavar los platos y la ropa, en el inodoro y en muchísimas otras cosas.
- Calcula cuánta agua necesitarías para una estancia de 6 meses en la Estación Espacial.
- Formula tus sugerencias para reducir el consumo de agua en la ISS.
- Investiga cuánta agua menos necesitarías para la estancia de 6 meses en la Estación Espacial si se siguieran tus sugerencias.

##### 2. Investiga de qué modo emplea el agua la gente.

- Realiza una encuesta sobre la relación de las personas con el agua (por ejemplo, cuánta agua utilizan; con qué frecuencia se duchan; qué piensan del ahorro del agua). Redacta las preguntas de la encuesta y una selección de respuestas por persona.
- Presenta los resultados de forma adecuada.
- Analiza y debate los resultados. (Una cuestión interesante sería: ¿hay grandes diferencias entre las distintas personas?)
- Ofrece ejemplos de los diferentes usos del agua en las distintas culturas.
- En muchas partes del mundo, la disponibilidad de agua dulce es limitada. ¿Cuáles son las razones que explican esto? ¿Qué consecuencias puede tener para la vida de las personas de la zona? ¿Qué esfuerzos se podrían adoptar para mejorar las condiciones?

