

Spain



EXPLORACIÓN ESPACIAL
Primeros pasos en la Luna

EE-SB-01



Aterrizaje en la Luna

Planificación y diseño de un módulo de aterrizaje lunar



SUMARIO

- 3** Datos básicos
- 4** Introducción
- 5** Resumen de las actividades
- 6** Actividad 1. Diseño y construcción de un módulo de aterrizaje lunar
- 9** Debate
- 10** Actividad 2. Prueba el módulo de aterrizaje
- 13** Actividad 3. Aterrizaje en la Luna
- 15** Conclusiones
- 16** Fichas de trabajo para el alumnado
- 23** Anexos
- 27** Enlaces útiles

EE-SB-01

Aterrizaje en la Luna

Planificación y diseño de un módulo de aterrizaje lunar

1ª Edición. Julio 2019

Guía para el profesorado

Ciclo
Secundaria y bachillerato

Edita
Esero Spain, 2019 ©
Parque de las Ciencias. Granada

Traducción
Dulcinea Otero Piñero

Dirección
Parque de las Ciencias, Granada.

Créditos de la imagen de portada:
ESA/ATG Medialab

Créditos de la imagen de la colección:
RegoLight, visualisation:
Liquifer Systems Group, 2018

Basado en la idea original:
LANDING ON THE MOON
Planning and designing a lunar lander
Colección "Teach with space"
ESA kids



Con esta serie de actividades el alumnado planificará, diseñará y construirá un módulo de aterrizaje que garantice la supervivencia de la tripulación (consistente en un huevonauta) que aterrice en la Luna. Estudiará qué factores deben tenerse en cuenta para aterrizar en la Luna en lugar de hacerlo en la Tierra. Durante el diseño del módulo de aterrizaje el alumnado deberá tener en cuenta los factores de riesgo y el presupuesto disponible.

Objetivos didácticos



- Identificar las fuerzas que intervienen cuando se aterriza en la superficie de la Tierra y en la superficie de la Luna.
- Entender la relación que existe entre masa y fuerza gravitatoria.
- Resolver un problema usando la segunda ley de la dinámica de Newton.
- Diseñar un proyecto ciñéndose a un presupuesto y controlando los riesgos.
- Trabajar en equipo con unas limitaciones de tiempo y de dinero.



2 h. y 30 min.

Materia

Física, matemáticas, economía

Intervalo de edades

De 14 a 16 años

Tipo de actividad

Actividad para el alumnado

Dificultad

Media

Coste

Bajo (de 0 a 10 euros)

Lugar para realizar la actividad

El aula y exteriores

Términos clave

Física, matemáticas, economía, aterrizaje en la Luna, gravedad, rozamiento, fuerza, aceleración, velocidad, leyes de Newton, presupuesto, análisis de riesgos

Aterrizaje en la Luna

Introducción

- En 1969, la Apollo 11 se convirtió en la primera misión tripulada que aterrizó en la Luna. Tras un viaje de cuatro días desde la Tierra, el módulo de aterrizaje lunar, llamado Eagle, se separó del módulo de mando que permanecía en órbita alrededor de la Luna y tocó tierra en el Mar de la Tranquilidad (Mare Tranquillitatis), una región bastante llana y nivelada. El módulo de aterrizaje lunar se controló de forma manual para evitar que se posara sobre grandes rocas o cráteres. «Houston, aquí base Tranquilidad. El Eagle ha aterrizado». Aquellas palabras marcaron una nueva era de la exploración humana.

Apollo 12, la segunda misión tripulada que aterrizó en la Luna, fue un ejercicio para practicar el aterrizaje de precisión; la mayoría del descenso se realizó en modo automático y el aterrizaje de precisión fue muy significativo porque incrementó la confianza para aterrizar en áreas específicas de interés.

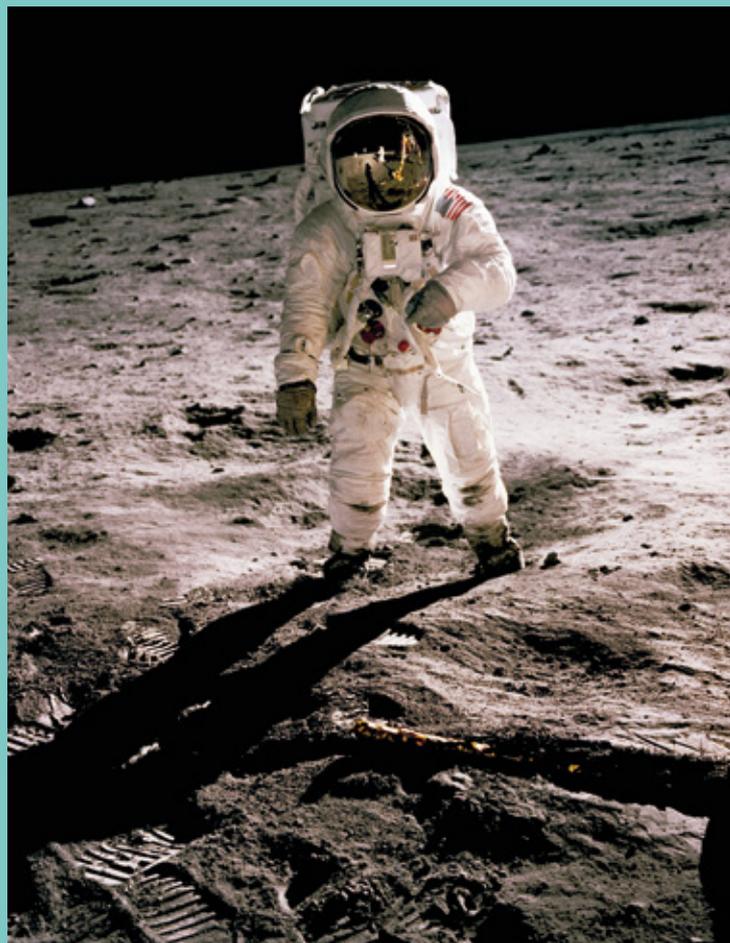
El descenso hasta la superficie lunar es una de las fases más críticas y complejas de un aterrizaje en ese mundo. La nave debe reducir la velocidad de los 6000 km/h a los que se desplaza mientras está en órbita hasta unos pocos km/h para poder realizar un aterrizaje suave. Los puntos de aterrizaje interesantes para la exploración suelen ser peligrosos, con cráteres, rocas y pendientes y, por tanto, de difícil acceso.

Solo 12 personas han caminado por la superficie de la Luna y la última vez ocurrió en 1972. La Agencia Espacial Europea junto con otros colaboradores planea regresar a la Luna con misiones robóticas y tripuladas en las próximas décadas.

En esta serie de actividades el alumnado diseñará un módulo de aterrizaje lunar y conocerá algunos de los desafíos que plantea la exploración espacial. ●



El descenso hasta la superficie lunar es una de las **fases más críticas y complejas** de un aterrizaje en ese mundo



Arriba: Edwin Aldrin caminando sobre la superficie lunar. Neil Armstrong, que toma la fotografía, puede verse reflejado en el casco de Aldrin. (Fotografía original de la NASA. Digitalmente mejorada por Rawpixel).

...

Derecha: Representación artística de un módulo de aterrizaje lunar (ESA).



ACTIVIDADES

01

DISEÑO Y CONFECCIÓN DE UN MÓDULO DE ATERRIZAJE LUNAR

Descripción

Diseño y confección de un módulo de aterrizaje lunar. Realizar un estudio de evaluación de riesgos y un estudio de diseño.

Resultado

Aprender a diseñar un proyecto ciñéndose a un presupuesto y unos requisitos determinados. Completar una evaluación de riesgos y un estudio de diseño. Construir un módulo de aterrizaje lunar.

Requisitos

Ninguno

Tiempo

60 minutos



ACTIVIDADES

02

COMPROBACIÓN DEL MÓDULO DE ATERRIZAJE

Descripción

Probar el módulo de aterrizaje lunar. Análisis de los resultados.

Resultado

Probar el módulo de aterrizaje y reunir datos. Calcular la aceleración y la velocidad durante el aterrizaje.

Requisitos

Haber realizado la actividad 1

Tiempo

60 minutos



ACTIVIDADES

03

ATERRIZAJE EN LA LUNA

Descripción

Comparar las diferencias entre aterrizar en la Tierra y en la Luna.

Resultado

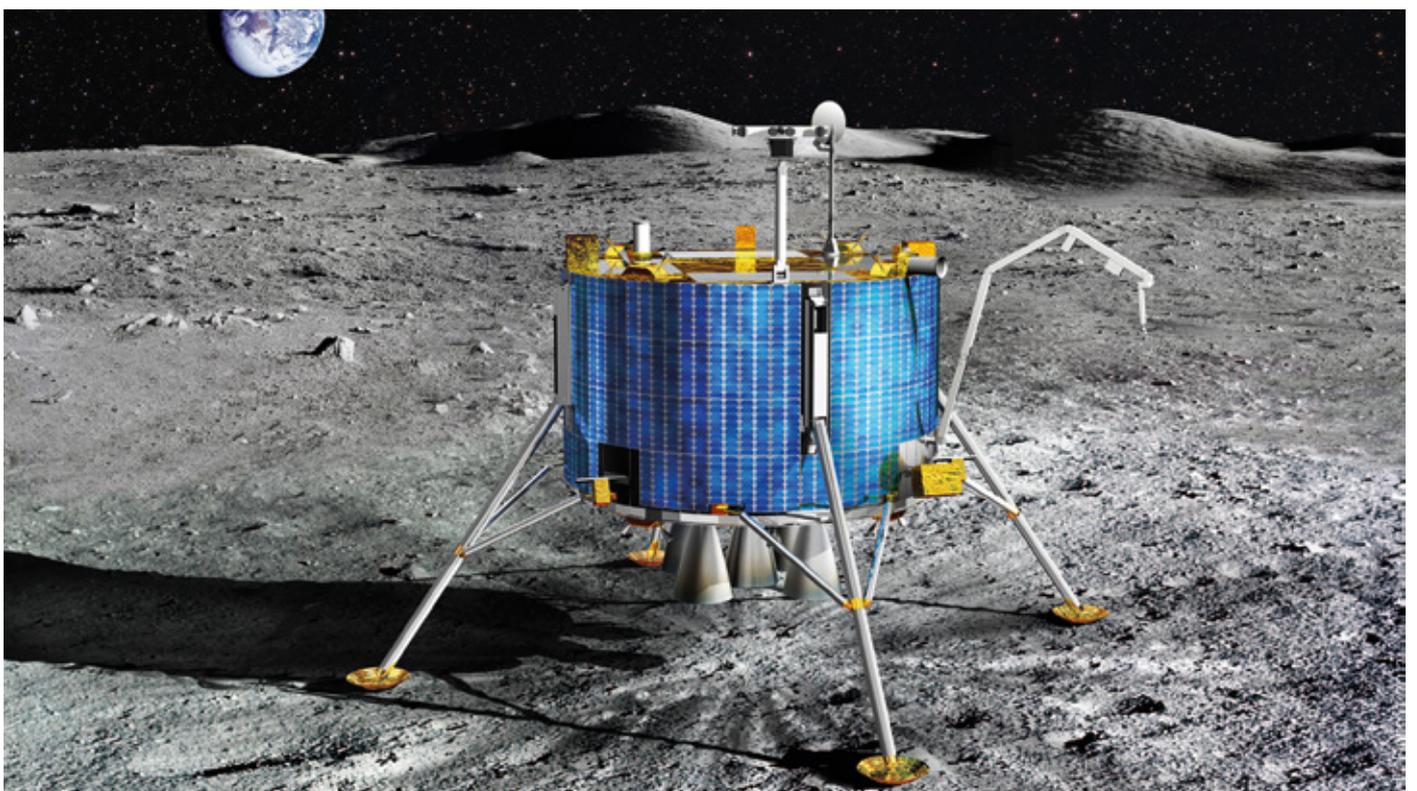
Saber qué diferencia la Tierra de la Luna. Calcular la aceleración gravitatoria y de la fuerza gravitatoria.

Requisitos

Haber realizado la actividad 2

Tiempo

30 minutos



ACTIVIDAD 1

Diseño y construcción de un módulo de aterrizaje lunar



60 min.

Ejercicios

1

En esta actividad el alumnado diseñará y construirá un módulo de aterrizaje lunar usando materiales simples. El objetivo consiste en diseñar un módulo de aterrizaje capaz de posarse sobre la superficie de la Luna de manera que el huevonauta que porta en su interior llegue allí sano y salvo. Durante la planificación del proyecto el alumnado tendrá en cuenta los riesgos que entraña una misión tripulada para aterrizar en la Luna y realizar un análisis de riesgos y un estudio de diseño.

MATERIAL NECESARIO



Un folio tamaño A4



Una copia de la ficha de trabajo del alumnado para cada grupo



Pajitas de refresco



Nubes de azúcar



Bolas de algodón



Palitos de helado



Bolsa de plástico



Cuerda



Cinta adhesiva



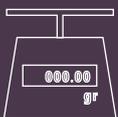
Tijeras



Globos



Huevos (1 por grupo)



Básculas

EJERCICIO 1. DISEÑA Y CONSTRUYE UN MÓDULO

- A** Divide la clase en grupos de 3 o 4 alumnos. Reparte entre esos grupos las fichas de trabajo del alumnado. Explícales en qué consiste la misión y los requisitos que debe reunir. Pide a cada grupo que diseñe un módulo de aterrizaje lunar tripulado para la Agencia Espacial Europea (ESA). Pueden confeccionar cada diseño en secreto para el resto de los grupos o pueden optar por crear equipos colaborativos que se ayuden entre sí. Con independencia del sistema que elijan, cada equipo deberá presentar su propio diseño exclusivo.
- B** Antes de que empiecen a trabajar, convendrá orientarlos sobre algunas de las cuestiones más relevantes que deberán tener en cuenta. Plántales cuáles son los detalles importantes que deben estudiarse para aterrizar en otro cuerpo celeste. Por ejemplo, la distancia hasta el destino final, la composición de la atmósfera o su inexistencia, la elección de un lugar adecuado para el aterrizaje, el ángulo para la maniobra de aproximación, etc.
- C** Reparte entre el alumnado la lista de materiales y su coste (anexo 1). Para favorecer una planificación eficiente, los materiales que se adquieran después de la fase inicial de diseño deberán costar un 10% más. Cada equipo dispone de un presupuesto de 1000 millones de euros. Este presupuesto deberá cubrir los gastos de entrenamiento del huevonauta (300 millones de €), el lanzamiento (1 millón de euros por gramo) y los materiales. La lista de materiales y del presupuesto disponible deberán ajustarse de tal manera que permitan complicar o simplificar la actividad o adaptarse a un recorte (o un incremento) del presupuesto en un momento dado si se diera el caso.

FASE DE DISEÑO

Antes de emprender la construcción el alumnado debería preparar un estudio de valoración de riesgos utilizando la plantilla de la ficha de trabajo. Dentro del apartado de control de riesgos habrá que calcular la probabilidad de que se produzca cada uno de los riesgos, y su repercusión. Todo implica riesgos, desde la planificación del diseño, hasta la construcción o el transporte del módulo y el entrenamiento de la tripulación. En la ficha de trabajo del alumnado los grupos encontrarán una matriz de riesgos con una lista de los que pueden darse en esta misión. El empleo de esa matriz es un procedimiento habitual para analizar y clasificar riesgos en muchos ámbitos profesionales diversos. El alumnado deberá rellenar los riesgos que se relacionan en la matriz y pensar si hay algún otro que no hayan tenido en cuenta. Deberán seleccionar tres de los riesgos más críticos y desarrollar estrategias para paliarlos.

Los grupos deben proponer soluciones y procurar diseñar el módulo de aterrizaje más seguro que permita el presupuesto disponible. Para ello trazarán un croquis preciso de su idea y prepararán un presupuesto para desarrollar su propuesta usando la plantilla de la ficha de trabajo. Explícales que se trata de un proceso comparable a diseñar una misión espacial real; todos los materiales y sistemas utilizados deberán planificarse, justificarse y presupuestarse con meticulosidad.

FASE DE CONSTRUCCIÓN

Ahora toca construir el módulo de aterrizaje. Probablemente se darán cuenta de que algunas decisiones que habían considerado posibles no arrojan el resultado esperado. Para aumentar la dificultad, suma un coste adicional del 10% en los materiales adicionales necesarios en caso de que el alumnado decida cambiar el diseño.

El alumnado debería poner nombre al módulo (y al huevonauta que lleva en su interior). Al final del proceso cada grupo pesará su módulo de aterrizaje y el huevonauta para calcular los costes de lanzamiento. El coste total deberá ser inferior a 1000 millones de € e incluir el entrenamiento del huevonauta, el lanzamiento y los materiales utilizados para construir el módulo.

RESULTADOS

A continuación presentamos un ejemplo de cómo rellenar el estudio de valoración de riesgos. La estimación de los riesgos variará de un grupo a otro y dependerá de la idea que tenga cada uno de la misión.

PROBABILIDAD	CONSECUENCIAS				
	INSIGNIFICANTES	MENORES	MODERADAS	GRANDES	CATASTRÓFICAS
Casi seguro		Daños en el módulo durante la fase de pruebas	No aterriza en el lugar elegido		
Probable		Otra empresa (grupo) tiene un diseño más eficiente y/o económico	Se produce un retraso	Cambios inesperados en los requisitos	El huevonauta no sobrevive
Posible		Daños en el módulo durante el transporte	El módulo pesa mucho	Cambios inesperados de presupuesto	El módulo se daña durante el aterrizaje final
Improbable				Algunos materiales son demasiado caros	Cambios constantes de diseño tornan el módulo demasiado caro para construirlo
Raro				Algunos materiales no están disponibles	

RIESGO 1. EL HUEVONAUTA NO SOBREVIVE

Plan para paliar este riesgo: Construir el módulo preparado para imprevistos: no depender tan solo de un mecanismo para garantizar el aterrizaje. Probar el descenso aumentado la altura de forma progresiva antes de la prueba final de descenso. Probar el módulo en primer lugar sin huevonauta en su interior.

RIESGO 2. LOS CAMBIOS CONSTANTES DE DISEÑO IMPLICAN QUE EL MÓDULO DE ATERRIZAJE CUESTE DEMASIADO PARA CONSTRUIRLO

Plan para paliar este riesgo: Diseñar el módulo con margen en el presupuesto antes de emprender su construcción. Buscar financiación adicional de otras fuentes.

RIESGO 3: CAMBIOS INESPERADOS EN LOS REQUISITOS

Plan para paliar este riesgo: Proponer un diseño adaptable y redundante. No depender de una sola tecnología o de un solo mecanismo. Diseñar el módulo con margen de ahorro antes de emprender su construcción.

ACTIVIDAD 2

Prueba el módulo de aterrizaje



60 min.

Ejercicios

2

En esta actividad el alumnado verificará si el módulo diseñado sobrevive a un descenso vertical manteniendo la integridad del huevonauta. Los grupos describirán las condiciones del aterrizaje y realizarán un seguimiento del resto de factores que pueda influir en los resultados. También cabe la posibilidad de que los grupos graben el descenso y más tarde usen una herramienta de análisis de vídeo para estudiar la aceleración.

MATERIAL NECESARIO

1 copia por grupo de la ficha de trabajo del alumnado

Módulos de aterrizaje contruidos por el alumnado (en la actividad 1) junto con su huevonauta correspondiente.

OPCIONAL:

Cámara fotográfica/cámara de teléfono y trípode
Programa de seguimiento de objetos Ordenador personal o teléfono inteligente

e1

EJERCICIO 1

- A** Antes de empezar a probar los módulos, los grupos deberán anotar las condiciones de aterrizaje (dureza del terreno, condiciones meteorológicas, etc.). Es importante que todos los descensos se realicen en unas condiciones similares. Comenta con el alumnado la importancia de no modificar demasiadas variables al mismo tiempo.
- B** Señala en el suelo un punto de aterrizaje para el módulo en pruebas. Se puede poner una cruz con cinta adhesiva o dibujar un objetivo con forma de diana de forma que los anillos indiquen la distancia al centro. Hay que tomar registros de los resultados de cada descenso (en la tabla del anexo 2). Otra posibilidad consiste en realizar pruebas a diferentes alturas con los módulos que tengan éxito. Los módulos que sobrevivan al aterrizaje deben contar con una estructura que amortigüe el primer impacto (como un almohadilla) y también puede recurrir a múltiples mecanismos que disipen la energía del impacto.
- C** La elección del módulo ganador se puede basar en los siguientes criterios:
- La altura de descenso que tolera el módulo
 - Distancia a la que se quedó del punto de aterrizaje
 - Coste del módulo
 - En qué medida se ajustó el módulo final al diseño y el presupuesto inicial
 - El trabajo en equipo en general, la planificación y la comunicación entre todos los miembros del grupo

- D** Pide al alumnado que exponga su proyecto ante el resto de la clase. Cada grupo debería sopesar hasta qué punto funcionó bien su proyecto y qué cambiarían ahora que conocen el resultado final. El alumnado debería debatir también qué factores externos influyeron durante el descenso, por ejemplo, las condiciones meteorológicas (viento fuerte, lluvia, etc.) o si el huevonauta aterrizó en diferentes tipos de terreno (asfalto, arena, hierba, etc.).

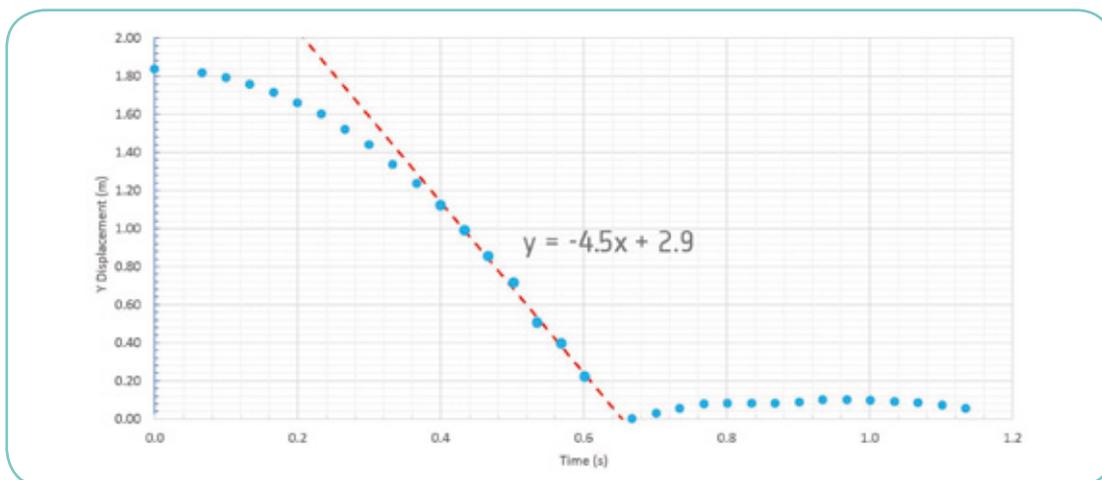
EJERCICIO 2

Para realizar el ejercicio 2 es necesario expresar la posición y la velocidad como una función de tiempo. En el anexo 3 se dan instrucciones detalladas para medir estos parámetros. Como alternativa se pueden utilizar los datos de muestra que figuran en la tabla 1 del anexo 3.

En este ejercicio los grupos analizarán la velocidad y la aceleración durante el descenso o los descensos. A modo de ejemplo utilizaremos los datos de la tabla 1 del anexo 3. Cada alumno necesitará una calculadora gráfica o un ordenador o teléfono inteligente con un programa como Excel.

- 1** Calcular la velocidad de impacto en una gráfica con el desplazamiento en el eje vertical frente al tiempo en el eje horizontal:

Para calcular la velocidad de impacto aproximada del módulo de aterrizaje se puede trazar en primer lugar el desplazamiento del módulo en el eje y como una función de tiempo. Después se hará un análisis de regresión lineal de los datos antes de que el módulo toque el suelo (incluyendo tan solo entre los 10 y los 5 últimos puntos de datos previos al impacto). La pendiente de esta regresión lineal se corresponderá con la velocidad de impacto aproximada. Si el módulo no ha alcanzado la velocidad terminal, seguirá acelerándose, y este método solo será una aproximación. En la gráfica del ejemplo la velocidad de impacto ronda los 4.5 m/s.



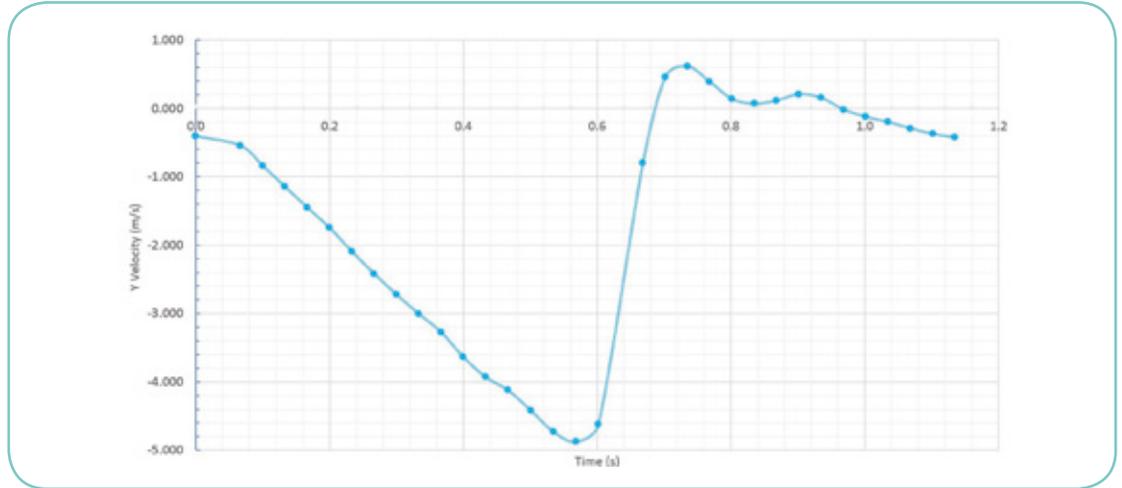
Desplazamiento en el eje y frente al tiempo.

- 2** Hallar la velocidad de impacto plasmando la velocidad en el eje y frente al tiempo: Otro método para hallar la velocidad de impacto consiste en plasmar la velocidad en el eje y como una función de tiempo. La velocidad de impacto aproximada se verá con facilidad en esta gráfica como el punto en el que la velocidad cambia de dirección. En la figura 3 se ve que el módulo de aterrizaje impacta contra el suelo con una velocidad de entre 4.8

A2

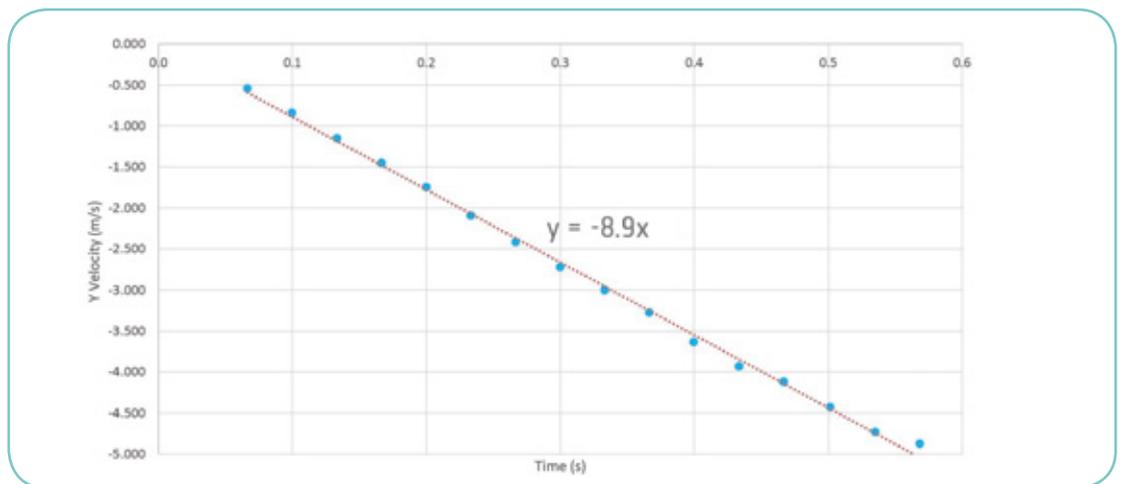
e2

y 4.9 m/s, que se corresponde aproximadamente con la misma velocidad calculada en la pregunta 1. La velocidad del módulo no debería descender hasta que toque el suelo (a menos que cuente con un sistema como un paracaídas, aunque no es este el caso en los datos de ejemplo). Las variaciones de velocidad de los puntos de datos cercanos al lugar de impacto pueden deberse a la incertidumbre de las mediciones.



Velocidad en el eje y frente al tiempo.

- 3 Calcular la aceleración a partir de una gráfica que plasme la velocidad en el eje y frente al tiempo: para calcular la aceleración del módulo de aterrizaje se puede realizar una regresión lineal de la velocidad en el eje y expresada como una función de tiempo, antes del punto de impacto. La pendiente de la recta de regresión se corresponderá con la aceleración del módulo de aterrizaje. Usando los datos del ejemplo de la figura 4, la aceleración calculada en el eje y resulta: $y = -8.9 \times m/s^2$.



Regresión lineal para los datos de la velocidad en el eje y frente al tiempo antes del punto de impacto.

- 4 La incidencia del rozamiento con el aire sobre la aceleración:
La fuerza de frenado que actúa sobre el módulo de aterrizaje debido a la atmósfera terrestre causará una desaceleración. La fuerza de frenado depende del cuadrado de la velocidad. Si el módulo se suelta desde un punto mucho más alto el alumnado podrá medir que alcanza la velocidad terminal (velocidad constante) cuando la fuerza de frenado iguala su peso.

ACTIVIDAD 3

Aterrizaje en la Luna

Esta actividad consiste en comparar un aterrizaje en la Tierra con un aterrizaje en la Luna. Para ello el alumnado estudiará los diferentes factores que repercuten en el aterrizaje en ambos mundos y el diagrama de fuerzas. Además, el alumnado repetirá el diseño de su módulo de aterrizaje basándose en lo aprendido durante las pruebas.



30 min.

Ejercicios

1

EJERCICIO

Como introducción a la actividad 3 comenta las diferencias que existen entre la Tierra y la Luna. ¿Qué factores influirán en el aterrizaje en cada caso? Orienta a los grupos para que debatan sobre factores como la importancia de la ubicación y el tipo de terreno del punto de aterrizaje elegido y el ángulo de descenso.

- 1 Pide a los grupos que relacionen 3 factores que puedan influir en el aterrizaje en ambos mundos. Estos son algunos ejemplos:

ATERRIZAJE EN LA TIERRA	ATERRIZAJE EN LA LUNA
1. La atmósfera	1. El lugar de aterrizaje
2. El lugar de aterrizaje	2. La ubicación de la Luna
3. La velocidad de reentrada	3. La velocidad de aterrizaje
4. El ángulo de reentrada	4. El ángulo de aproximación
5. La meteorología	5. La variación de la temperatura

Comenta algunas de las implicaciones de las diferencias que hayan planteado los grupos, por ejemplo, la atmósfera. ¿Cómo afecta al aterrizaje el hecho de que no haya atmósfera en la Luna? Un paracaídas no funcionaría para aterrizar en la Luna, tal vez necesiten un motor en su lugar o quizá un airbag. Los escudos térmicos son necesarios para regresar a la Tierra debido al rozamiento con la atmósfera, pero en la Luna no serían necesarios. En cambio, las variaciones de temperatura que se dan en la Luna son mucho más extremas que en la Tierra, de modo que el módulo debe estar climatizado.

e1

A3

e1

- 2 Para resolver la cuestión 2 los grupos usarán la ecuación de la aceleración de la gravedad (g):

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Donde G es la constante gravitatoria, m es la masa del objeto (planeta, satélite, etc.) y r es el radio del objeto (planeta, satélite, etc.).

Y la segunda ley de la dinámica de Newton:

$$F = m \cdot a$$

Donde F es la fuerza resultante que actúa sobre un objeto, m es la masa del objeto y a es la aceleración.

TIERRA	LUNA
$g_{\text{Earth}} = \frac{5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 6.67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Earth}} = 9.81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{\text{Moon}} = \frac{7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot 6.67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Moon}} = 1.62 \text{ ms}^{-2}$
$F_{g,\text{Earth}} = 9.81 \text{ ms}^{-2} \cdot 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Earth}} = 2.45 \text{ N}$	$F_{g,\text{Moon}} = 1.62 \text{ ms}^{-2} \cdot 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Moon}} = 0.41 \text{ N}$

- 3 Pide a los grupos que tracen un diagrama de fuerzas del módulo de aterrizaje en la Tierra y en la Luna. También puedes empezar diciendo que la aceleración gravitatoria en la Luna es 6 veces menor que en la Tierra, o puedes dejar que los grupos infieran ese dato a partir de los resultados que han calculado.

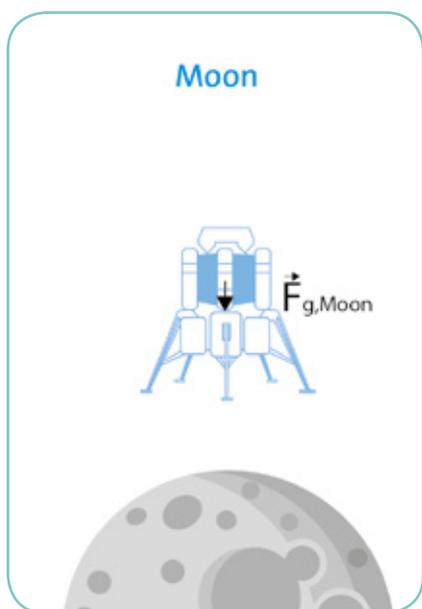
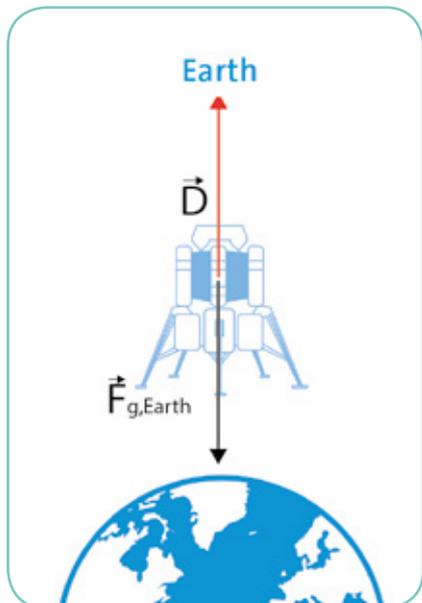
La Luna está rodeada de vacío, de ahí que la única fuerza que actúa sobre el módulo de aterrizaje sea la gravitatoria ($F_{g,\text{Luna}}$), o peso. El vector peso del módulo de aterrizaje será 6 veces menor en la Luna que en la Tierra, tal como se calculó en la pregunta 2.

La Tierra está rodeada por una atmósfera, por eso hay que tener en cuenta la resistencia aerodinámica. La fuerza de la resistencia (R) depende del cuadrado de la velocidad del módulo de aterrizaje. A medida que aumente la velocidad, la fuerza de la resistencia irá creciendo también hasta equipararse con el peso. Cuando la resistencia es igual al peso ya no actúa ninguna fuerza externa neta sobre el objeto y este seguirá cayendo con una velocidad constante (velocidad terminal).

- 4 Con el análisis realizado en las preguntas previas el alumnado debería conocer ya algunas de las diferencias fundamentales entre un módulo de aterrizaje lunar y una nave para aterrizar en la Tierra. Plantea entre los grupos el debate de si sería viable utilizar un paracaídas. Anímalos también a comentar las ventajas y desventajas de usar un motor para aterrizar, o un airbag para amortiguar el aterrizaje. Pregúntales si cambiarían el diseño del módulo de aterrizaje si no hubiera que preocuparse por la supervivencia del huevonauta. Relaciona esto con la exploración espacial real y con las diferencias que existen entre una misión espacial tripulada y una sin tripular.

Conclusiones

ATERRIZAJE EN LA LUNA



Los grupos deberían concluir que hacer aterrizar un módulo en la Luna es una tarea difícil que requiere numerosas consideraciones y pruebas antes de su ejecución. Deberían concluir que ciertas competencias son cruciales para cualquier misión espacial, como el desarrollo de un proyecto a partir de un presupuesto preestablecido, la valoración de riesgos, el diseño, las pruebas y el trabajo en equipo. Las misiones tripuladas requieren unas consideraciones e implican unos riesgos mucho mayores que cualquier misión robótica.

El alumnado también debería concluir que las pruebas realizadas en Tierra no pueden reproducir en su totalidad el entorno y las condiciones de aterrizaje que se dan en la Luna, de modo que las pruebas deben complementarse con la teoría para entender las diferencias entre la Tierra y la Luna. ●

Arriba: Diagrama de aterrizaje en la Tierra.

...

Abajo: Diagrama de aterrizaje en la Luna.

ACTIVIDAD 1

Diseño y confección de un módulo de aterrizaje lunar

La ESA te ha encargado que diseñes un módulo de aterrizaje capaz de llevar intacto un huevonauta a la superficie de la Luna.

e1

EJERCICIO

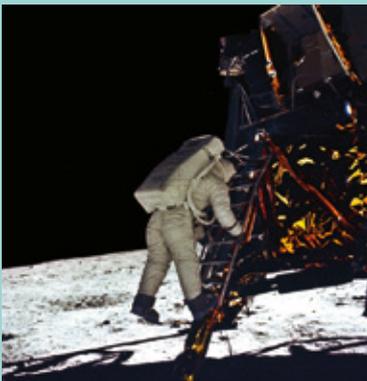
Al igual que ocurre en la industria espacial del mundo real, compites y/o colaboras con otras organizaciones (tus compañeros de clase) para conseguir este contrato con la ESA.

Tu misión consiste en:

- Diseñar y confeccionar un módulo de aterrizaje lunar capaz de llevar intacto a un huevonauta hasta la superficie de la Luna.

Requisitos:

- El módulo de aterrizaje tiene que superar una prueba de descenso en la Tierra en la que el huevonauta sobreviva al aterrizaje.
- Solo puedes utilizar los materiales disponibles.
- El módulo de aterrizaje deberá confeccionarse con un presupuesto prefijado (un máximo de 1000 millones de €).
- El módulo debería ser capaz de aterrizar con precisión sobre un lugar de aterrizaje preestablecido.
- Deberás presentar un estudio de evaluación de riesgos y un estudio de diseño.
- Deberás completar el diseño y la construcción del módulo en un tiempo establecido de 60 minutos.

SABÍAS QUE...

El coste total del programa espacial Apollo que llevó al ser humano a la Luna ascendió a 25 400 millones de dólares (más de 200 000 millones de dólares al cambio actual, ajustando esa cantidad a la inflación). En 2018 el presupuesto total de la ESA fue de 5600 millones de euros. En la actualidad las agencias espaciales y la industria de este sector trabajan juntas para desarrollar un programa de exploración lunar más sostenible. Debemos tener en cuenta que hoy en día aún se utiliza parte de la infraestructura que se creó en la década de 1960: salas de pruebas, plataformas de lanzamiento, centros de control de misiones, estaciones en tierra, conocimientos de ingeniería, tecnología o materiales, de modo que cualquier programa de exploración lunar será mucho más asequible desde el principio.

Buzz Aldrin trabajando en el módulo de aterrizaje Eagle sobre la superficie de la Luna.

ESTUDIO DE VALORACIÓN DE RIESGOS

A la hora de diseñar una misión espacial hay que tener en cuenta dos factores principales: los riesgos y el coste. Para esta misión deberás asegurarte de que el huevonauta aterrice sano y salvo, pero también aspirarás a que resulte asequible para conseguir el contrato de la ESA.

Introduce los riesgos que se relacionan en la parte de la derecha en la matriz de riesgos de acuerdo con la probabilidad de que lleguen a producirse y con las consecuencias que conllevarían en tal caso:

PROBABILIDAD	CONSECUENCIAS				
	INSIGNIFICANTES	MENORES	MODERADAS	GRANDES	CATASTRÓFICAS
Casi seguro					
Probable					
Posible					
Improbable					
Raro					

- 1 No aterrizamos en el lugar señalado
- 2 Surgen cambios inesperados en los requisitos
- 3 El huevonauta no sobrevive
- 4 Surgen cambios inesperados de presupuesto
- 5 Algunos materiales no están disponibles
- 6 Algunos materiales son demasiado caros
- 7 El módulo de aterrizaje acaba siendo muy pesado
- 8 Otra empresa (grupo) propone un diseño más eficiente y económico
- 9 Los cambios constantes de diseño vuelven el módulo demasiado caro para construirlo
- 10 Nos retrasamos
- 11 El módulo sufre daños durante la fase de pruebas
- 12 El módulo sufre daños durante el transporte
- 13 El módulo sufre daños durante el aterrizaje final

Selecciona tres de los riesgos más grandes y anota cómo paliarlos:

- A** Riesgo nº Plan para paliarlo
- B** Riesgo nº Plan para paliarlo
- C** Riesgo nº Plan para paliarlo

A1

d

ESTUDIO DE DISEÑO

Nombre del módulo de aterrizaje:

Nombre del huevonauta:

Consulta qué materiales hay disponibles y sus precios con tu docente. Prepara un boceto preciso de cómo será tu módulo de aterrizaje. Comenta con tus compañeros cómo actúan las distintas partes y materiales para proteger al huevonauta. Prepara un presupuesto del coste que tendrá el módulo a partir de los precios de cada material y no olvides incluir los costes de lanzamiento y de instrucción del huevonauta:

MATERIAL	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL

PRECIO DEL MÓDULO DE ATERRIZAJE	
MASA TOTAL (HUEVONAUTA + MÓDULO DE ATERRIZAJE)	
COSTES DE LANZAMIENTO	
COSTES DEL ENTRENAMIENTO DEL HUEVONAUTA	
PRECIO TOTAL (MÓDULO + LANZAMIENTO + INSTRUCCIÓN)	

ACTIVIDAD 2

Prueba el módulo de aterrizaje

EJERCICIO 1

- 1 Antes del lanzamiento, anota las condiciones en las que se producirá (viento, lluvia, tipo de lugar de lanzamiento, etc.).

.....

.....

.....

Asegúrate de que el huevonauta de tu módulo esté cómodo. Prepárate para la prueba.

¡Preparados! ¡Listos! ¡Suéltalo!

- 2 ¿Sobrevivió el huevonauta al descenso?

Sí

No

- 3 ¿A qué distancia del centro del punto de aterrizaje se detuvo por completo tu módulo de aterrizaje?

..... cm

- 4 ¿Qué tal funcionó tu diseño? ¿Modificarías algo ahora?

.....

.....

- 5 Tras observar los descensos de los módulos del resto de grupos, ¿apreciaste alguna característica recurrente en esos diseños que permitiera la supervivencia del huevonauta?

.....

.....

e1

A2

e2

EJERCICIO 2

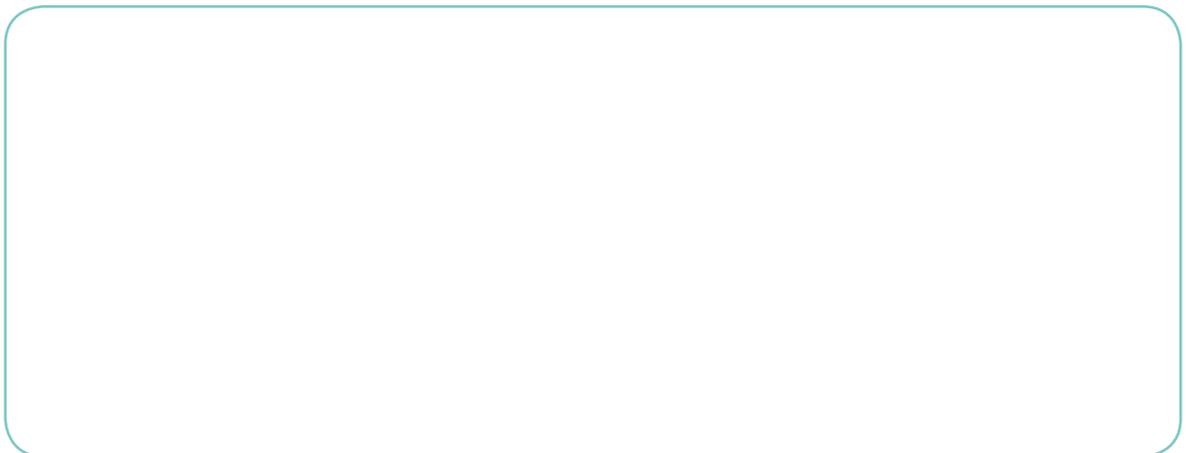
Para este ejercicio tendrás que usar el desplazamiento del módulo como una función de tiempo.

- 1 Calcula la velocidad de impacto del módulo usando una gráfica de desplazamiento en el eje vertical frente al tiempo en el eje horizontal.



- 2 Plasma la velocidad en el eje vertical como una función de tiempo. Calcula la velocidad de impacto a partir de la gráfica. ¿Se corresponde con el valor calculado en la pregunta 1? Explica a qué se deben las diferencias en caso de haberlas.

- 3 Usa la gráfica de la velocidad en el eje vertical como una función de tiempo para calcular la aceleración del módulo de aterrizaje en la dirección y.



- 4 La aceleración de la gravedad vale 9.8 m/s^2 . Explica por qué no obtienes ese valor.

ACTIVIDAD 3

Aterrizaje en la luna

Llegó el momento de preparar el aterrizaje en la Luna. Has probado el módulo de aterrizaje en la Tierra, pero ¿qué pasará cuando tenga que aterrizar en la Luna?

- 1 Hay varias diferencias entre un aterrizaje en la Luna y uno en la Tierra. Relaciona 3 factores que pueden repercutir en un aterrizaje en la Tierra y otro en la Luna:

ATERRIZAJE EN LA TIERRA	ATERRIZAJE EN LA LUNA

- 2 La aceleración gravitatoria (g) de un planeta viene dada por:

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Donde m es la masa del objeto (planeta, satélite, etc.), G es la constante gravitatoria y r es el radio del objeto (planeta, satélite, etc.). Utiliza los siguientes valores para resolver las preguntas a) y b):

$$G = 6.67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$r_{\text{Moon}} = 1737 \text{ km}$$

$$m_{\text{Moon}} = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Earth}} = 6371 \text{ km}$$

$$m_{\text{Earth}} = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

- A Calcula la aceleración gravitatoria en la Tierra y en la Luna.

$$g_{\text{Tierra}} = \dots\dots\dots$$

$$g_{\text{Luna}} = \dots\dots\dots$$

- B Aplicando la segunda ley de la dinámica de Newton, $F = m \cdot a$, calcula la fuerza gravitatoria de tu módulo de aterrizaje en la Tierra y en la Luna.

$$F_{g\text{Tierra}} = \dots\dots\dots$$

$$F_{g\text{Luna}} = \dots\dots\dots$$

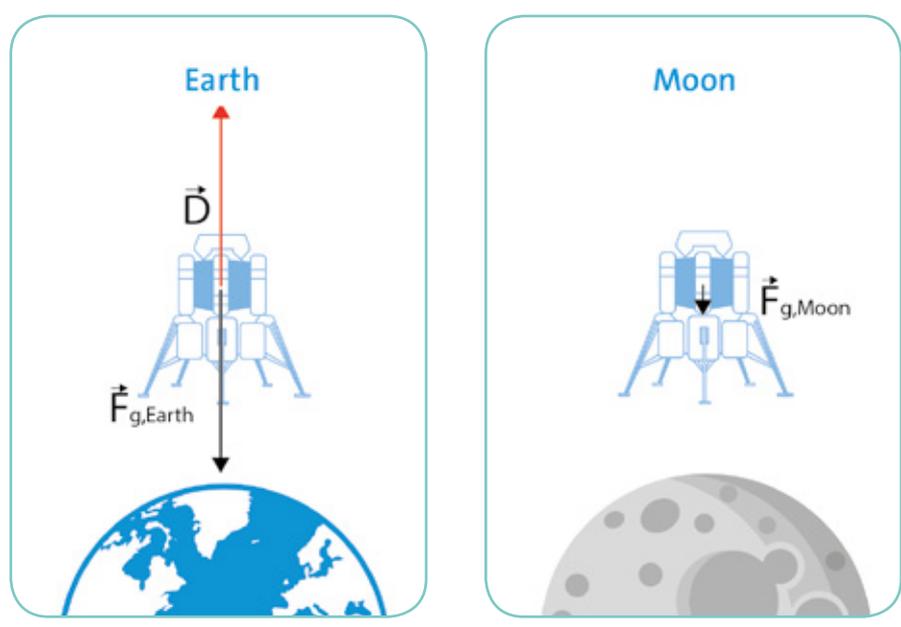
e1

A3

e1

3

A Dibuja las fuerzas que actúan sobre el módulo de aterrizaje en la Tierra y en la Luna.



B Explica tu diagrama de fuerzas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4 ¿Qué podrías cambiar para que tu módulo de aterrizaje esté mejor preparado para aterrizar en la Luna? Justifica tu respuesta.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 1

ATERRIZAJE EN LA LUNA

ACTIVIDAD 1. DISEÑO Y CONFECCIÓN DE UN MÓDULO DE ATERRIZAJE LUNAR

GASTOS INELUDIBLES:

Instrucción del huevonauta	300 millones de €
Costes de lanzamiento	1 millón de € por gramo

MATERIALES:

1 folio tamaño A4	50 millones de €
1 pajita de refresco	100 millones de €
1 nube de azúcar	150 millones de €
1 palito de helado	100 millones de €
1 bolsa de plástico	200 millones de €
1 m de cuerda	100 millones de €
1 m de cinta adhesiva	200 millones de €
1 globo	200 millones de €

Anexo 3

ATERRIZAJE EN LA LUNA

ACTIVIDAD 2. PRUEBA EL MÓDULO DE ATERRIZAJE

Esta parte del ejercicio 2 se puede realizar a modo de exhibición o como continuación de las actividades en grupo del alumnado, dependiendo de la disponibilidad de ordenadores o teléfonos móviles en el aula.

La herramienta de análisis de vídeo se usará para el seguimiento del aterrizaje. Existen diversos programas de análisis de vídeo disponibles en internet (algunos son gratuitos y otros requieren una licencia). Nosotros recomendamos utilizar:

- El programa *Tracker* se puede descargar gratis a través de <http://physlets.org/tracker/> y está bien preparado para usarlo con un ordenador.
- La aplicación (app) «Video Physics» junto con «Graphical» (ambas disponibles para Android e iOS) son perfectas para efectuar el seguimiento con tablets o teléfonos inteligentes.

El docente podrá optar por realizar personalmente el experimento y repartir un conjunto de datos entre el alumnado, o por pedir a los grupos que efectúen las mediciones para cada módulo de aterrizaje de manera individual.

MONTAJE DEL EXPERIMENTO

- 1 Fija una regla de un metro (o una vara graduada) como referencia junto al punto de aterrizaje.
- 2 Instala la cámara de tal modo que el punto de aterrizaje y la regla aparezcan dentro del mismo campo de visión.
- 3 Mantén la cámara estable durante la grabación, preferentemente usando un trípode.
- 4 Al soltar el módulo de aterrizaje asegúrate de que se encuentra a la misma distancia que la regla de la cámara.



Representación del montaje para la suelta de prueba



Ejemplo de un análisis de seguimiento de una suelta de prueba desde unos 2 m de altura.

- 5 Sigue el módulo de aterrizaje en el programa que hayas elegido creando puntos de referencia de forma manual.
- 6 Graba los datos.

Anexo 3

ATERRIZAJE EN LA LUNA

ACTIVIDAD 2. PRUEBA EL MÓDULO DE ATERRIZAJE

TIEMPO (S)	DESPLAZAMIENTO EN EL EJE Y (M)	VELOCIDAD EN EL EJE Y (M/S)
0.000	1.84	-0.406
0.067	1.82	-0.547
0.100	1.79	-0.843
0.133	1.76	-1.148
0.167	1.71	-1.453
0.200	1.66	-1.748
0.233	1.60	-2.096
0.267	1.52	-2.420
0.300	1.44	-2.725
0.333	1.34	-3.006
0.367	1.24	-3.274
0.400	1.12	-3.638
0.433	0.99	-3.931
0.467	0.86	-4.123
0.502	0.71	-4.428
0.535	0.51	-4.734
0.568	0.40	-4.877
0.602	0.22	-4.623
0.668	0.00	-0.798
0.702	0.03	0.457
0.735	0.06	0.614
0.768	0.08	0.386
0.802	0.08	0.135
0.835	0.08	0.066
0.868	0.08	0.115
0.902	0.09	0.207
0.935	0.10	0.151
0.968	0.10	-0.019
1.002	0.10	-0.125
1.035	0.09	-0.201
1.068	0.08	-0.294
1.102	0.07	-0.375
1.135	0.06	-0.426



Enlaces de interés

RECURSOS DE LA ESA

Desafío Base Lunar

https://www.esa.int/Education/Moon_Camp

Animaciones lunares sobre exploración lunar:

[esa.int/Education/Moon_Camp/Making_a_Home_on_the_Moon](https://www.esa.int/Education/Moon_Camp/Making_a_Home_on_the_Moon)

Recursos de la ESA para utilizar en el aula

[esa.int/Education/Classroom_resources](https://www.esa.int/Education/Classroom_resources)

PROYECTOS ESPACIALES DE LA ESA

SMART-1

<http://sci.esa.int/smart-1>

HERACLES

[esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles](https://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles)

INFORMACIÓN ADICIONAL

Guía interactiva de la Luna de la ESA

<http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

CÓMO USAR UN EL PROGRAMA TRACKER

Tutorial 1

[youtube.com/watch?v=Jhl-_glsE6o](https://www.youtube.com/watch?v=Jhl-_glsE6o)

Tutorial 2

[youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y](https://www.youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y)



Spain



EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE
A collaboration between ESA & national partners



La **Oficina Europea de Recursos para la Educación Espacial en España (ESERO Spain)**, con el lema "Del espacio al aula", tiene como objetivo principal proporcionar recursos a los docentes de primaria y secundaria, para ayudarlos a fomentar vocaciones científicas y a potenciar el uso de disciplinas CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en el aula.

Este proyecto está liderado por el **Parque de las Ciencias de Granada** y cuenta con la colaboración del CDTI y otras instituciones educativas a nivel regional.

Exploración Espacial

COLECCIÓN
PRIMEROS PASOS EN LA LUNA

Incluye, entre otros:

- Refugio lunar
- Mano biónica
- Misión en la Luna
- Encuentra agua en la Luna
- La constitución lunar
- Aterrizaje en la Luna
- El poder de la luz del Sol
- Extrae agua del suelo lunar
- Aprovecha la energía del agua
- ¿Podría sobrevivir la vida en entornos extraterrestres?

1ª edición, Julio 2019

ESERO SPAIN

Parque de las Ciencias
Avda. de la Ciencia s/n.
18006 Granada (España)
T: 958 131 900

info@esero.es
www.esero.es



EE-SB-01

ATERRIZAJE EN LA LUNA

**CUADERNO DEL PROFESORADO
SECUNDARIA Y BACHILLERATO**