



## Caer, bucear, explorar. Lo que fluye a tu alrededor

### Presentación de la serie

La serie Proyectos NES presenta propuestas que han sido pensadas en el marco de cada uno de los espacios curriculares del campo de la formación general, planteando algunas articulaciones posibles con contenidos de otros espacios curriculares. En este contexto de aislamiento social, preventivo y obligatorio en el que tanto docentes como estudiantes no concurren de manera presencial a las escuelas, resulta necesario ofrecer estos insumos y recursos para que cada institución defina y optimice su utilización. La propuesta invita y alienta a la selección y organización de algunos de los proyectos en función de los criterios y características que cada escuela defina y priorice. Para ampliar: [Recomendaciones para el desarrollo de los proyectos NES](#).

### 1. Orientaciones para docentes

#### Contenidos

Energía cinética. Movimientos con velocidad o aceleración constante. Detección de las variables para describir un movimiento. Gráficos que describen movimientos y trayectorias. Modelización matemática de algunos movimientos sencillos. Movimiento relativo unidimensional.

#### Articulaciones posibles

Esta propuesta podría articularse también con los contenidos seleccionados los siguientes espacios curriculares del mismo año:

##### Matemática

- Eje: Funciones y álgebra. Función cuadrática. La parábola como representación gráfica de funciones cuadráticas. Función lineal. Ecuaciones lineales con dos variables. Problemas que involucren sistemas de ecuaciones con dos variables.



## Proyectos NES

4º Año

**Tecnologías de la información**

- Procesamiento de texto, audio y video digital. Técnicas y herramientas de edición de textos, video y audio.

**Artes visuales**

- Eje: Producción. Espacio-forma: encuadre, ángulos visuales, dinamismo, ilusión de movimiento, el tiempo en la imagen. La imagen en movimiento y la producción animada, *Stop motion*.

**Lengua y literatura.**

- Uso de diversos conectores temporales y lógicos. Modos de organización del discurso: la explicación. Componentes básicos de la secuencia explicativa: el interrogante y la respuesta. Léxico Identificación de palabras clave (en textos leídos y producidos en el año).

**Presentación del proyecto**

Desde tiempos muy antiguos las personas se interesaron en el agua, en el aire y en el espacio exterior. En este proyecto se abordan distintos movimientos en esos tres ambientes que nos rodean. Se podrán establecer paralelos y diferencias que permitan comprender de manera más profunda los tres ambientes elegidos: la caída libre en el aire (*skydiving*), el buceo en apnea (buceo libre o *freediving*) y la entrada de las naves en la atmósfera de los planetas. Los tres casos pueden verse como una manera de moverse en el medio que nos rodea. Las tres actividades involucran altos riesgos por lo que requieren un entrenamiento importante y la supervisión de expertos/as. El proyecto promueve la comprensión de los fenómenos, lo cual permitirá a cada estudiante apreciar los aspectos riesgosos, las medidas necesarias para prevenirlos y la necesidad de entrenamiento intenso para cada una de estas actividades.

Por otra parte se podría decir que hay una secuencia característica de los seres humanos al conocer el entorno: comprender, elegir y disfrutar. En este proyecto se analizan varios casos en los que el deseo de disfrutar parece ser el motor para poder comprender y elegir las acciones.

Se espera que este proyecto permita a cada estudiante comprender los fenómenos físicos suficientemente como para poder elegir un modo de



## Proyectos NES

4º Año

disfrutar de aquello que nos rodea. Podrán expresar estos conocimientos a través de diferentes modos de comunicación. Cada docente, en función de las características de cada clase, sugerirá como parte de la producción durante el proyecto, distintas formas comunicacionales, que pueden incluir:

- Gráficos.
- Relatos.
- Juegos.
- Simulaciones.
- Representaciones en simulación.
- Pequeños cortos de video.
- Otros modos artísticos de expresión.

Asimismo, cada docente sugerirá la modalidad de trabajo individual o grupal en función de las características de cada grupo de estudiantes. El tipo de acompañamiento docente que este proyecto promueve enfatiza la retroalimentación mediante recomendaciones de aspectos relevantes que vale la pena buscar en distintos momentos de la indagación, modos de presentación alternativos que pueden elegir, formas de modelizar los fenómenos en diferentes formatos gráficos, textuales o matematizados, y otros modos de acompañamiento que permitan el desarrollo creativo de explicaciones de los fenómenos.

## 2. Actividades para estudiantes

### Caer, bucear, explorar. Lo que fluye a tu alrededor

#### Presentación

Alrededor del año 1600, Galileo Galilei estaba interesado en comprender la caída de los cuerpos en las cercanías de la Tierra. Galileo comprendió que cada objeto durante su caída es acelerado hacia abajo a la vez que enfrenta el rozamiento con el aire. Por lo cual, toda caída que parece una caída libre, no es del todo libre, ya que hay resistencia del aire que rodea a ese objeto durante la caída. El mismo Galileo pensó que si se pudiera “quitar el aire”, todos los objetos caerían con la misma aceleración llegando al piso al mismo tiempo.

Hubo que esperar a 1971 para que los astronautas hicieran en la Luna el experimento que quería Galileo. La Luna casi no tiene atmósfera por



lo cual era el lugar ideal en el que “se había quitado el aire”. El video [“Martillo y pluma cayendo al mismo tiempo en la Luna”](#), en el canal Cibermitanios, muestra la prueba hecha en la Luna.



Para realizar este mismo experimento en la Tierra, efectivamente hubo que “quitar el aire”. Vean lo que sucede en el video [“Brian Cox visits the world’s biggest vacuum | Human Universe - BBC”](#), en el canal de BBC.

Torricelli, uno de los alumnos de Galileo, heredó la preocupación de Galileo sobre la presencia del aire y pensó que estamos sumergidos en un mar de aire. Hoy se podría decir que los seres que viven en la superficie de la Tierra son como peces de aire. La superficie de este mar de aire se ubicaría en donde termina la atmósfera y comienza el espacio exterior. Así como aumenta la presión al sumergirnos en el mar o en una pileta, también la presión atmosférica es mayor aquí, en la superficie de la Tierra, que en la cima de las montañas. La superficie de la Tierra sería el fondo de ese mar de aire.

Hoy en día no es necesario realizar las pruebas que llevó adelante Torricelli. Se dispone de suficiente conocimiento acumulado para comprender que el aire ejerce una presión y que si alguien vuela en un avión a 10 000 metros de altitud, no tendrá suficiente presión de oxígeno para respirar ese aire. Los aviones presurizan sus cabinas para que se pueda disfrutar de una atmósfera equivalente a la de unos 4000 metros de altitud. Es la altura a la que se encuentran las Salinas Grandes en Jujuy y Salta, un poco más presurizada que el aire de la puna de Atacama, que está a 4500 metros sobre el nivel del mar, pero igualmente el avión tiene una atmósfera con bastante menos presión que la del nivel del mar. A medida que se asciende en la atmósfera, la presión



## Proyectos NES

4º Año

de aire disminuye y la disponibilidad de oxígeno para la respiración también. Por este motivo si el avión tuviera una rotura, se necesitarían máscaras con oxígeno para poder proveer el aire adecuado para respirar. De modo similar alguien puede necesitar oxígeno extra si desea llegar a la cima de las montañas más altas. Adicionalmente, la densidad del aire cambia con la altura, de manera que el aire de la alta atmósfera es mucho menos denso que el aire cercano a la superficie de la Tierra. Por este motivo cuando las naves espaciales comienzan su reentrada a la atmósfera, al principio tienen menos problemas de rozamiento con el aire pero luego comienzan a tener una fricción tan importante que necesitan un escudo térmico.

Torricelli había podido conjeturar correctamente que el aire ejerce mayor presión al nivel del mar que en las montañas de modo similar a como el agua ejerce mayor presión cuanto mayor es la profundidad.

Esta diferencia de presión traerá como consecuencia que cada objeto sumergido, ya sea en el mar o en el aire, reciba una fuerza de abajo hacia arriba que asociamos con la flotabilidad. Aunque no es de interés en este proyecto la flotabilidad, es evidente que una persona en el agua puede flotar y no puede hacerlo en el aire. Esto hace que para poder “salir a flote” en el aire se deba recurrir a un globo inflado con gases menos densos que el aire. Si un cuerpo sale a flote o no, dependerá de si esa fuerza que lo saca a flote es mayor al peso del cuerpo que lo hace hundirse. El cuerpo humano está bien balanceado para flotar en el agua. Si llena sus pulmones de aire, se mantendrá a flote y si suelta todo el aire, se hundirá de a poco. De este modo la respiración mantiene el control de la flotabilidad. Para complejizar aún más las cosas, a medida que cambia la presión ascendiendo por el aire, la presión disminuye y un globo que está poco inflado en la superficie de la Tierra parecerá estar por reventar al llegar a la estratósfera. Lo mismo ocurriría con los pulmones de un buzo si tomara aire de un tubo en las profundidades de la piscina y ascendiera: sus pulmones podrían estallar. Todo esto está en juego pero no será lo principal del proyecto.



Lo que está en primer plano en este proyecto es que el balance de fuerzas puede dar como resultado que un cuerpo caiga, o que salga a flote, y en el caso en que esas fuerzas están balanceadas, conservará su velocidad sin aumentarla ni disminuirla. En resumen, hay distintas fuerzas que nos permitirán explicar los distintos movimientos. Esas fuerzas son el peso, el rozamiento con el aire y la fuerza de flotabilidad. Dicho esto se analizarán los movimientos, sabiendo que, en el caso en que se puedan manipular esas fuerzas, se podrá también decidir qué acciones realizar.

### Desarrollo

El 14 de octubre de 2012 Felix Baumgartner, paracaidista austríaco, batió tres récords históricos al lanzarse en caída libre desde los 38 969,3 metros de altura, después de haber ascendido en globo tripulado a la estratosfera, alcanzando una velocidad máxima de 1357,64 km/h.



En el video [“Felix Baumgartner salto completo red bull stratos \(español\)”](#), en el canal noxturnal 100, se puede apreciar el salto en “caída libre” desde 39 000 metros.

A continuación se señalan una serie de eventos importantes para tener en cuenta al ver el video:

- » Minuto 10:38, Comienza el salto. Comienza a mostrar el marcador de los segundos de caída.
- » Minuto 11:01, comienza a mostrar la velocidad de caída.
- » Minuto 11:21, luego de unos cuarenta segundos de caída, traspasa la velocidad del sonido para esa temperatura y densidad del aire. Es el primer *skydiver* que alcanza ese récord de rapidez.



- » Al llegar a los cuarenta y seis segundos de caída ha alcanzado 1173 km/h y esa rapidez deja de crecer. Se mantiene constante desde el segundo cuarenta y seis de caída hasta cumplirse un minuto de caída. Luego de ese instante comienza a disminuir la rapidez de la caída. A los cuatro minutos y diez segundos de caída abre su paracaídas.

Otros videos relevantes:

- » El video [“Record breaking space jump - free fall faster than speed of sound - Red Bull Stratos”](#), en el canal de Captain Nemo, está tomado desde las cámaras instaladas en el traje de Félix.
- » Las marcas alcanzadas en 2012 por Felix Baumgartner fueron superadas en 2014 por Alan Eustace (vice director de Google). Se puede ver este salto en el video [“Alan Eustace Stratosphere World Record Jump \(EXTENDED\)”](#), en el canal de Rodrigo Ungo.

### Actividad 1. Modelización gráfica y comprensión de los procesos de la caída en el aire

A partir de estos datos y de los datos que puedan apreciar en el video, se propone configurar una representación gráfica, sin prestar mucha atención a la escala, de cómo varía la velocidad a lo largo del tiempo. El eje de las abscisas es el tiempo transcurrido desde el inicio del salto, y el de las ordenadas, será el valor de la rapidez, que en el video se llama velocidad. La rapidez es el valor de la velocidad sin importar su dirección y sentido. (El velocímetro de los automóviles es en realidad un “rapidómetro.”)

Dado que hay diferentes tramos en los que la velocidad se comporta de modo diferente durante la caída, será importante ver qué partes del gráfico corresponden a esos distintos tramos de caída. Por ejemplo, habrá una primera etapa en que se acelera, otras en las que no se acelera.

Es importante mostrar cuáles son las partes del gráfico que corresponden a cada tramo, y poder dar una explicación de por qué creen que cambia el comportamiento de la velocidad. Por ejemplo, la fricción con el aire cambia con la velocidad, lo cual se aprecia fácilmente sacando



la mano por la ventanilla. Eso permite decidir a partir de los datos, en qué momento la fricción con el aire ha aumentado tanto que es capaz de equilibrar el peso que genera la caída.

Resumen actividad 1:

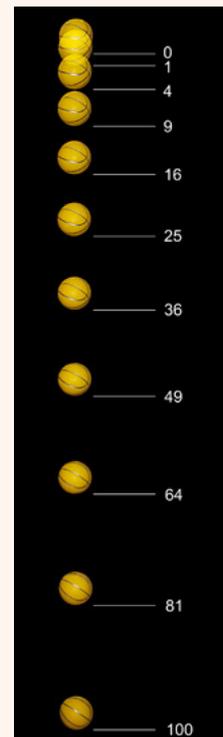
- » Confeccionar un gráfico  $V(t)$ .
- » Identificar partes del gráfico que corresponden a distintos tramos de la caída.
- » Proponer qué condiciones se cumplen en cada parte del gráfico.
- » Describir cómo influye a lo largo de la caída el cambio de densidad del aire con la altura.

### Actividad 2. Modelización matemática de la caída libre

¿En qué momento desde que se asoma a la puerta de la cápsula hasta que abre su paracaídas la velocidad de caída es nula?

- a. Distinguí en el gráfico los tramos en que crece la velocidad, aquellos en que se mantiene constante y aquellos en los que decrece.
- b. Proponé una expresión matemática que pueda aproximarse a esos tramos.

En la figura [“Caída libre de una pelota”](#) se muestran, mediante fotografía estroboscópica, las posiciones de la pelota a intervalos regulares de tiempo para el caso de una caída sin fricción: para  $t = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, 10$  el espacio recorrido es proporcional a 1, 4, 9, 16, 25, ..., etcétera.





Esto muestra que el espacio recorrido a lo largo de la caída es proporcional al tiempo al cuadrado. Por lo cual la ecuación que describe una caída sin rozamiento tiene el siguiente aspecto:

$$x - x_0 = k (t - t_0)^2 + V_0 (t - t_0).$$

En esta expresión  $x$  es la posición en el instante  $t$  y  $x_0$  es la posición en el instante inicial  $t_0$  (momento en que se inicia la caída) y  $V_0$  es la velocidad en el instante  $t_0$ .

Eligiendo convenientemente el instante inicial y la posición inicial, la expresión matemática queda:

$$x = k t^2 + V_0 t.$$

Si la caída tiene velocidad constante, por estar equilibradas las fuerzas, la aceleración es cero por haberse equilibrado las fuerzas, el espacio recorrido es proporcional al tiempo transcurrido:

$$x - x_0 = V (t - t_0).$$

Que también puede escribirse de manera más sencilla si se eligen para cada tramo la posición inicial y el instante inicial con el valor cero:  $x = V t$ .

- c. Teniendo en cuenta estas dos modelizaciones matemáticas como aproximaciones a la caída real del video, confeccioná el gráfico del espacio de caída en función del tiempo.
- d. Dado que la velocidad crece por la aceleración de la gravedad (cuando la fricción puede despreciarse) y puede dejar de crecer o incluso disminuir cuando la fricción aumenta, ¿cómo podríamos elegir modelar la caída con tramos de parábola (ecuación de segundo grado) y tramos de recta (ecuación lineal)?

### Actividad 3. Análisis de la “caída libre” dentro del agua en pequeños riscos submarinos

El buceo libre, o *free diving*, consiste en sumergirse en apnea, sin ayuda para la respiración.



## Proyectos NES

4º Año

a. Sofía Gómez, conocida como *La sirena colombiana*, a los 23 años logró ser campeona continental de buceo libre. Luego de ver la entrevista a Sofía Gómez [“La sirena colombiana: conozca a la campeona continental de buceo libre”](#), en el canal Los informantes, revisá varios de los siguientes videos que se proponen, armá el gráfico y sugerí cuál sería una aproximación matemática aceptable para las caídas libres dentro del agua:

- » [“Sofía rocks - insane rock run over the ocean’s floor”](#) en el canal Daan Verhoeven, se aprecia a Sofía tomando una roca y dejándose caer hacia la profundidad del océano.
- » [“One Breath Around The World”](#), en el canal de Guillaume Néry, se puede observar en los minutos 2:20, y 9:25, cómo el buzo se deja caer.
- » [“Guillaume Nery Blue Hole”](#), en el canal Nurkowanie Bydgoszcz Kursy.
- » [“Y40 jump: Guillaume Néry - Cello Suite No.1”](#) (Salto en la piscina Y 40), en el canal Sil3nt.
- » [“OCEAN GRAVITY - Guillaume Néry / Julie Gautier”](#), en el canal de Guillaume Néry.

Luego de mirar la entrevista a Sofía en el primer video, se puede apreciar que le dedica especial atención al cuidado de sí misma al entrenar y decidir las acciones en el agua. Disfruta de lo que hace dentro del agua y a la vez elige cómo realizar esas acciones.

b. Registrá cuáles son los fenómenos que Sofía tiene en cuenta para planificar sus acciones, cuáles son los riesgos y qué conocimientos le permiten llevar a cabo el cuidado de sí misma y de sus compañeros/as en el agua.

### Actividad opcional

Luego de ver el resto de los videos explorá el simulador [Algodoo](#).

Con este simulador puedes configurar el valor de la gravedad, la densidad de los cuerpos con los que vas a experimentar y la densidad del fluido en el que vas a dejar caer ese cuerpo.



Podés ahora armar una simulación de alguna de las caídas que has analizado hasta ahora en todo el proyecto.

#### **Actividad 4. Comparación de la entrada de naves espaciales a la atmósfera de la Tierra y otros planetas con los fenómenos de caída analizados en las actividades anteriores**

Ya se ha señalado que la entrada de las naves espaciales a la atmósfera de la Tierra funciona como una caída en el aire, con el agregado de que la nave puede traer velocidad inicial al ingresar a la estratósfera. También se debe agregar que la entrada de las naves no se realiza de modo vertical, sino de manera oblicua. Sin embargo, el fenómeno que se ha estado analizando es justamente disminuir la aceleración de caída por medio de la fricción con el entorno. Es por ello que las cápsulas espaciales Orión y otras anteriores como Apollo, se ubican en la caída para que el rozamiento con el aire las frene. Sin embargo, de modo similar al del salto desde la estratósfera, no será suficiente para frenarlas de modo que aterricen suavemente. Solo será una parte del proceso de frenado. Luego se utilizarán los paracaídas, al igual que en el salto analizado en la primer actividad.

En el siguiente video se relatan las maniobras y materiales especiales que ha sido necesario desarrollar para controlar la reentrada en la atmósfera del transbordador espacial. El transbordador comienza su caída con una velocidad de veinticinco veces la velocidad del sonido. Debe aterrizar con unos pocos cientos de km/h como cualquier avión. Toda esa pérdida de velocidad, se hará utilizando el ángulo para que la fricción con el aire quite la energía cinética con la que ingresa a la atmósfera. Recuerden que la energía cinética está relacionada con la masa y la velocidad. Frenar el transbordador es quitarle energía cinética, toda esa energía será transformada en calor mediante la fricción con el aire.

En el video [“Regreso a Casa - Desafiando la Atmósfera”](#), en el canal Cosmonautika Ciencia & Espacio, a partir del minuto doce se relata cómo es la reentrada a la atmósfera.



Desde que el transbordador dejó de utilizarse para ir y volver a la estación espacial internacional, se usó la cápsula Soyuz de Rusia. El 30 de mayo de 2020 se ha utilizado, por primera vez, un cohete de la empresa SpaceX de Estados Unidos para llevar los astronautas a la estación espacial dentro de la cápsula Crew Dragon. Esta cápsula utilizará la fricción con el aire durante el primer tramo de entrada a la atmósfera para frenar como lo hacía el transbordador.

Los planes para explorar el planeta Marte no pueden dejar a un costado el desafío de cómo llegar a su superficie con velocidades adecuadas para la apertura de los paracaídas.

En el video [“Cómo llegar a Marte. ¡Muy genial! HD”](#), en el canal Anders Heli Hansen, a partir del minuto 2:50 se representa el proceso de entrada a la atmósfera de Marte.

**a.** Averiguá cómo es la atmósfera de Marte y, en comparación, cómo deberían variar los diseños de la cápsula para usar el aire marciano como freno inicial.

Los diseños actuales de los cohetes se están enfocando en utilizar combustible para frenar, tal como lo hacen las unidades reutilizables de SpaceX que aterrizan en vez de caer con paracaídas. Esto mismo tuvo que implementarse en los alunizajes.

**b.** Compará los tres tipos de movimientos: **caída desde la estratósfera** (*skydiving*), **caída submarina en buceo libre** (*free diving*) y **reentrada de las naves a las atmósferas planetarias**. Detectá qué aspectos son comunes y cuáles son específicos de cada uno de estos movimientos.

Como se puede apreciar, cada proceso de caída que se ha analizado tiene características propias y otras muy similares. Comprender los fenómenos naturales, las causas y efectos de los movimientos en el fluido que nos rodea, aire o agua, ha permitido diseñar productos específicos y ha inspirado a actividades lúdicas y artísticas, algunas muy innovadoras y otras milenarias. Aquí hay dos ejemplos:



- » [“AMA - a short film by Julie Gautier”](#) (Film de danza submarina), en el canal Guillaume Néry.
- » [“Wingsuit Proximity Flying BASE Jumping Compilation”](#), en el canal Wingsuit.

### Actividad de cierre

Se han planteado diferentes tipos de movimiento en medio del fluido que nos rodea. Comprender la manera en que la naturaleza se comporta en estos casos permite diseñar, elegir, construir y decidir para poder cumplir con nuevos objetivos. Algunos de estos objetivos permiten dar un paso más en el conocimiento, o en nuevos modos de habitar y disfrutar del entorno.

Como actividad de cierre confeccioná una presentación en formato video, que muestre aspectos que son comunes a las distintas caídas analizadas y destaque sus diferencias.

- » Destacá el modo en que controlamos algunas de las variables para lograr manipular el modo en que se lleva a cabo la caída.
- » Señalá desarrollos específicos que fueron diseñados para tal fin.
- » Proponé actividades artísticas que se pueden generar a partir de comprender y preparar las experiencias de caída favorablemente.

¿Cuáles de los fenómenos analizados?, ¿ya te parecía que pertenecían a una misma clase de fenómenos? ¿Pudiste anticipar algunas de las similitudes que luego encontraste al estudiarlos? ¿Cuál de los movimientos analizados te resultan tentadores? ¿Te gustaría poder realizarlos? ¿Cuáles de los fenómenos analizados en relación a todas estas caídas diferentes te resultaron familiares o conocidos? ¿Qué tipo de comprensión te resulta más accesible: la forma gráfica, la descripción mediante palabras o la expresión matemática? ¿Podrías identificar cuáles de todos estos fenómenos físicos que estaban involucrados aparecen en los deportes más populares? ¿Qué te permitió apreciar esta actividad que no habrías apreciado con las demás disciplinas? Si le recomendarías este proyecto a alguien más, ¿se te ocurre que sería mejor alterar el orden de los casos analizados? ¿Agregarías otros casos más?



## Bibliografía, fuentes y/o recursos

Aguilella, M. (2003) La física del buceo. A pulmón libre. *Investigación y ciencia*, 320(5).

Miguel, H. (1997). *El universo de la física. Un juego de la mente con la naturaleza*. Bs As: El Ateneo.

Rosell, A. C., Valero, J. S., & Llopis, J. B. S. (1983). Un ejemplo de profundización en los trabajos prácticos de física: en torno a la caída libre en el aire. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 38-41.

Se sugieren las siguientes entradas de Wikipedia:

- [Paracaidismo](#)
- [Reentrada en la atmósfera](#)
- [Fundamentos físicos del buceo](#)

Imágenes:

Pág. 8 Caída de una pelota, en Wikimedia Commons, <https://bit.ly/2VXp12y>.