

Experimento 1 — Definición de Presión

Tema: Definición de presión

Duración aproximada: 15–20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento introductorio establece de forma intuitiva y visual el concepto fundamental de presión: **la relación entre fuerza y superficie de contacto**. Al comparar el efecto de un peso y una aguja aplicando fuerzas similares sobre una sandía, los alumnos comprenden **por qué los objetos punzantes atraviesan materiales** con mucha menos fuerza.

Material necesario

- Sandía (o similares, como melón, calabacín, pepino...)
- Aguja de coser o alfiler grueso
- Objeto de base plana de tamaño similar (una moneda, el extremo de un boliígrafo con el capuchón puesto, un tapón...)
- Soporte para fijar la sandía, o simplemente una superficie estable

Procedimiento

Este experimento funciona bien como demostración participativa: se puede invitar a un alumno a aplicar la fuerza mientras el resto observa.

1. Colocar la sandía sobre **una superficie estable** que impida que ruede.
2. Apoyar el objeto de base plana sobre la cáscara y **empujar con una fuerza moderada**. Observar que la cáscara resiste sin romperse.
3. Colocar la aguja en posición vertical sobre la cáscara y **aplicar una fuerza claramente menor**. Observar cómo penetra con facilidad.
4. Pedir a los alumnos que expliquen la diferencia antes de dar la explicación científica.

Explicación científica

La presión se define como la fuerza aplicada por unidad de superficie:

$$P = F / A$$

donde P es la presión (en pascuales, Pa), F es la fuerza aplicada (en newtons, N) y A es el área de contacto (en metros cuadrados, m²).

Cuando aplicamos una fuerza similar con el objeto plano y con la aguja, **lo único que cambia es el área de contacto**. La punta de una aguja tiene una superficie de contacto miles de veces menor que la base del objeto plano. Al dividir **la misma fuerza entre una superficie muchísimo más pequeña**, la presión resultante es **mucho más grande**, suficiente para superar la resistencia de la cáscara.

Consejos para la dinamización

Una buena pregunta de arranque es: “¿Qué hace más daño, que te pisen con una zapatilla o con un tacón?”. La respuesta intuitiva es correcta y lleva directamente a la definición de presión. Se puede incluso pedir a los alumnos que estimen cuántas veces más presión ejerce el tacón comparando áreas aproximadas, dependiendo de la edad de los alumnos.

Seguridad

La aguja debe ser manipulada exclusivamente por el profesor, o bajo vigilancia directa. En ningún caso dejar agujas a disposición de los niños sin vigilancia.

Experimento 2 — La Prensa Hidráulica

Concepto: Presión en fluidos. Principio de Pascal

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento permite a los alumnos construir y usar una prensa hidráulica en miniatura con dos jeringas de distinto diámetro. El resultado es llamativo: una moneda de 2 euros es capaz de levantar un objeto 25 veces más pesado, lo que se conoce como Principio de Pascal.

Material necesario

- 1 jeringa grande de ~300 mL (unos 5 cm de diámetro de émbolo)
- 1 jeringa pequeña de ~5 mL (unos 1 cm de diámetro de émbolo)
- Tubo flexible para conectar ambas jeringas
- Cinta aislante o bridas para sellar las uniones si hay pérdidas
- Agua (para llenar el sistema)
- 1 moneda de 2 euros (~8,5 g)
- Objeto de unos 300 g (se recomienda un medidor con 300ml de agua)
- (Opcional) Tabla de madera con dos orificios para sujetar las jeringas verticalmente

Procedimiento

El éxito del experimento depende de que el sistema sea estanco: cualquier burbuja de aire o fuga de agua reduce considerablemente el efecto. Se recomienda montar y probar el sistema con antelación:

1. Montar el sistema con ambas jeringas conectadas por el tubo **y llenas de agua sin burbujas**.
2. Colocar el objeto de ~300 g sobre el émbolo de la jeringa grande y la moneda de 2 euros sobre el émbolo de la jeringa pequeña.
3. Empujar **suavemente el émbolo pequeño** hacia abajo y observar cómo el émbolo grande sube, levantando el objeto de 300 g con la fuerza equivalente a la moneda.
4. (Opcional) Repetir el experimento **invirtiendo el sentido**: empujar el émbolo grande y observar que el émbolo pequeño sube mucho más rápido y con mucho menos recorrido.



Imagen 1: Ejemplo del montaje

Explicación científica

El sistema funciona gracias a que, si aplicamos presión a cualquier parte de un fluido encerrado e incompresible, la presión se transmite a todos los puntos del fluido. Esto se conoce como **el Principio de Pascal**. Como el agua no se puede comprimir y esta sellada dentro de las jeringas y el tubo, la presión generada en la jeringa pequeña es exactamente la misma que llega a la jeringa grande.

Como vimos en el experimento anterior la presión es $P = F / A$, y la presión es la misma en ambos lados. Por lo tanto, si el área del émbolo grande es 25 veces mayor que la del pequeño, **la fuerza producida en el émbolo grande también será 25 veces mayor**, ya que la relación de áreas es $(5/1)^2 = 25$. A cambio, el émbolo pequeño debe recorrer 25 veces más distancia que el grande para aplicar esta fuerza.

Consejos para la dinamización

Antes de la demostración, se puede preguntar a los alumnos si creen que una moneda puede levantar el vaso de agua. La respuesta casi universal será que no, lo que hace el resultado especialmente impactante.

Seguridad

El experimento no presenta riesgos significativos. Tener en cuenta que el sistema puede desconectarse y derramar agua si se empuja el émbolo con demasiada fuerza. Se recomienda realizar la demostración sobre una bandeja o superficie impermeable.

¡Experimento 3 — Creamos vacío con una cañita!

Concepto: El vacío y la presión atmosférica

Duración aproximada: 15–20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento introduce el concepto de vacío y lo conecta con la presión atmosférica de forma tangible. Los alumnos comprenden que el vacío no es «nada», sino reducir todo lo posible la cantidad de aire dentro de un recipiente. El experimento se desarrolla en dos fases: primero con una envasadora al vacío comercial y después replicando el mismo efecto con una bolsa zip y una cañita para hacerlo uno mismo.

Material necesario

Demostración 1 (envasadora):

- Envasadora al vacío doméstica
- Bolsa de envasado al vacío compatible con la máquina
- Cualquier objeto blando para envasar (por ejemplo, una esponja)

Demostración 2 (cañita):

- Bolsa de cierre zip (tipo bolsa de congelación)
- Cañita para beber

Procedimiento

Demostración 1: envasadora al vacío

1. Colocar el objeto en la bolsa de envasado y situar **el extremo abierto de la bolsa en la boquilla de la máquina**.
2. Cerrar la máquina y activar el ciclo de envasado. Observar cómo **la bolsa se contrae** y se pega al objeto a medida que se extrae el aire.
3. Una vez envasada, pedir a un alumno que intente **abrir la bolsa solo con las manos, sin romperla**. Observar como la bolsa se resiste a abrirse.

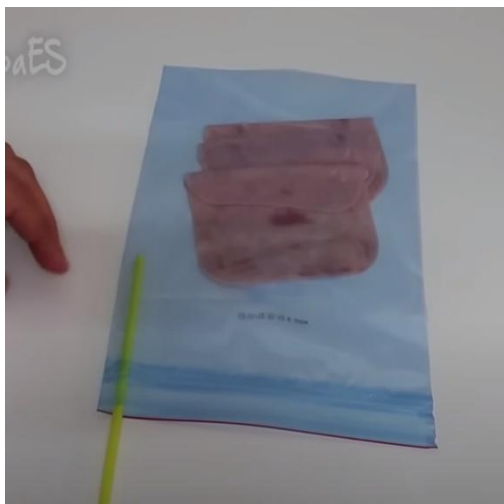
Demostración 2: cañita casera

4. Introducir la cañita por un extremo de la bolsa zip y **cerrar el cierre todo lo posible alrededor de ella**, dejando solo el hueco mínimo.
5. Aspirar con fuerza por la cañita para extraer el aire. Cuando se necesite respirar, **pellizcar la cañita con los dedos para evitar que entre aire**, y continuar aspirando.
6. Al retirar la cañita, cerrar el zip rápidamente. Observar cómo **la bolsa ha quedado parcialmente aplastada**, con un resultado similar (aunque menos perfecto) al de la envasadora.

Explicación científica

El aire que nos rodea ejerce una presión sobre todas las superficies: lo que se llama **presión atmosférica**. En condiciones normales no la notamos porque la presión interior y exterior de los objetos está equilibrada.

Al extraer el aire del interior de la bolsa, **la presión de dentro va bajando** y acercándose (pero nunca llegando a 0), mientras que **la de fuera de la bolsa sigue siendo la misma**. Como la presión de fuera es más grande, hace fuerza sobre la bolsa desde todos los lados, aplastándola contra el contenido. Después de hacer el vacío, hay que vencer a esta fuerza para abrirla, y por eso cuesta tanto.



***Imagen 1:** Ejemplo de cómo realizar el experimento. La bolsa debe estar lo más cerrada posible, dejando que el aire solo entre o salga mediante la cañita.*

Consejos para la dinamización

Envasar una esponja es especialmente efectivo: al comprimirse visiblemente bajo el vacío y recuperar su forma al abrirse, ilustra de forma muy clara la diferencia de presión entre el interior y el exterior.

Pedir a un alumno que intente abrir la bolsa envasada sin romperla suele generar sorpresa y discusión. Es el momento ideal para preguntar qué está empujando la bolsa hacia dentro, y descubrir el concepto de presión atmosférica (¡el propio aire que nos rodea!)

Seguridad

El experimento no presenta riesgos significativos. La envasadora debe operarla el profesor.

Experimento 4 — Papel contra agua (ganador inesperado)

Concepto: Presión atmosférica

Duración aproximada: 10–15 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento demuestra de forma sorprendente y cotidiana el poder de la presión atmosférica: un simple trozo de papel es capaz de sujetar un vaso lleno de agua boca abajo sin derramar ni una gota. El resultado es tan contraintuitivo que genera impacto inmediato y abre una discusión natural sobre la magnitud de la presión que ejerce el aire sobre todo lo que nos rodea.

Material necesario

- Un vaso o copa de boca recta
- Un trozo de papel que cubra la boca del vaso
- Agua
- Bandeja o lavabo donde realizar el experimento

Procedimiento

Se recomienda hacer el experimento sobre una bandeja o cerca de un lavabo. Hacerlo el profesor primero y, si se desea, repetirlo con algún alumno voluntario.

1. Llenar el vaso completamente con agua, **sin dejar burbujas en su interior.**
2. Colocar el papel sobre la boca del vaso y **presionarlo con la palma de la mano** asegurándose de que cubre toda la apertura.
3. Mantener **el papel apretado con la mano** y girar el vaso boca abajo con un **movimiento único y continuo.**
4. Sostener un momento el conjunto **y retirar lentamente la mano del papel.** El papel debería mantenerse en su sitio sujetando el agua.

Explicación científica

Quando se gira el vaso boca abajo, **el agua ejerce una presión hacia abajo** sobre el papel igual a su peso dividido entre la superficie de la boca. Sin embargo, el aire exterior ejerce **la presión atmosférica hacia arriba** sobre esa misma superficie.

Para un vaso estándar de 250 mL, la presión que ejerce el agua sobre el papel es de **unas 100 veces más que el propio peso del agua**. El papel no cae porque la presión del aire exterior lo empuja hacia arriba con **una fuerza muy superior al peso del agua**. El vaso debe estar completamente lleno porque si hubiera aire en el interior, la presión interna sería mayor, reduciendo la diferencia entre ambas presiones y facilitando la caída del agua.



Imagen 1: Preparación antes de girar la copa. La mano hace la forma para que no caiga el agua.



Imagen 2: La copa una vez girada. El papel es capaz de evitar que el agua caiga.

Consejos para la dinamización

Antes de hacer el experimento, preguntar a los alumnos qué creen que ocurrirá cuando se retire la mano. La mayoría esperará que el agua caiga o que el papel se mojará y romperá, lo que hace el resultado especialmente impactante.

El paso opcional de probar con el vaso medio lleno es muy útil: si el experimento falla, obliga a los alumnos a pensar en el papel del aire atrapado y la diferencia de presiones, reforzando la explicación.

Seguridad

El experimento no presenta riesgos. Realizarlo sobre una bandeja o cerca del lavabo para evitar mojar el suelo en caso de fallo.

Experimento 5 — ¡La presión es más fuerte de lo que parece!

Concepto: Presión atmosférica

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

Descubrir lo fuerte que puede llegar a ser la presión atmosférica, haciendo vacío en el interior de una esfera. Al crear un vacío potente, separar las esferas requiere el peso de unas 2 personas, mostrando lo contraintuitivamente poderosa que es la presión.

Material necesario

- Kit de hemisferios de Magdeburgo (disponible en tiendas de material de laboratorio o en Amazon)
- Bomba de vacío manual o eléctrica compatible con el kit
- Banco o punto de anclaje resistente desde el que colgar los hemisferios
- Colchoneta o colchón, por seguridad
- Dos voluntarios de unos 80kg en total entre los dos

Procedimiento

1. Preparar el punto de anclaje de la esfera (debe ser sólido y aguantar al menos 100kg de peso), y **colocar la colchoneta debajo** para la demostración.
2. Encajar los dos hemisferios y **conectar la bomba de vacío a la válvula**. Extraer el aire siguiendo las indicaciones del kit.
3. Intentar separar los hemisferios manualmente. Observar que es imposible o muy difícil, a pesar de que **los hemisferios no están pegados ni atornillados**.
4. Colgar los hemisferios del punto de anclaje. Pedir a un primer voluntario que cuelgue de la esfera inferior **intentando separarlos con su propio peso**.
5. Si no lo consigue, añadir un segundo voluntario. En caso de que tampoco sea suficiente, que **el profesor estire progresivamente de la esfera** hasta que, junto con el peso de los voluntarios, los dos hemisferios se separen.
6. Una vez finalizada la demostración, **abrir la válvula para dejar entrar el aire**. Los hemisferios se separarán solos sin ningún esfuerzo.

Explicación científica

Cuando se extrae el aire del interior, la presión de dentro de las esferas es prácticamente cero, mientras que fuera la presión es la presión atmosférica. Esta actúa sobre toda la esfera, y genera una fuerza que mantiene los dos hemisferios unidos.

La fuerza necesaria para separarlos se puede calcular con la fórmula $P = F/A$, donde el área es la sección circular de contacto:

$$F = P \times \pi \times r^2$$

Para un kit estándar con radio $r \approx 5 \text{ cm}$ (0,05 m):

$$F \approx 101.325 \times \pi \times (0,05)^2 \approx 795 \text{ N} \approx 80 \text{ kgf}$$

Es decir, se necesitan unos 80 kg de peso para separarlos, lo que explica que haga falta el peso de dos personas. Al abrir la válvula, la presión interior se iguala con la exterior **y los hemisferios se separan sin ningún esfuerzo**: era únicamente la diferencia de presión lo que los mantenía unidos, no ningún mecanismo de cierre.

Los cálculos se han realizado para unas esferas de radio 5cm, en caso de utilizar esferas de diferente tamaño, **rehacer los cálculos** para tener buena precisión.

Consejos para la dinamización

La apertura final de la válvula es el momento más didáctico: los hemisferios se separan solos en un instante, sin ningún esfuerzo. Pedir a los alumnos que expliquen por qué antes de hacerlo.

Seguridad

El punto de anclaje debe estar bien fijado y **ser capaz de soportar el peso de dos personas sobradamente** (con unos 100kg, hay suficiente margen). **Colocar una colchoneta o superficie acolchada debajo** para amortiguar una posible caída si los hemisferios se separan bruscamente. Los voluntarios deben sujetarse solo con las manos, sin enganchar ninguna parte del cuerpo, para poder soltarse fácilmente.

Recursos complementarios

Ejemplo de kit disponible en Amazon: <https://www.amazon.es/Hemisferios-Magdeburgo-Instrumento-experimento-laboratorio/dp/B083GTR35L/>

Experimento 6 - ¡Lanzamos un cohete propulsado por agua!

Concepto: Propulsión y tercera ley de Newton

Duración aproximada: 30-45 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento conecta conceptos de presión, fluidos y dinámica en un resultado espectacular: una botella de plástico sale **disparada impulsada únicamente por agua y aire comprimido**. Es una de las demostraciones más motivadoras de la serie porque permite a los alumnos ver física real en acción y entender el principio de funcionamiento de los cohetes reales.

Material necesario

Versión básica (funcional):

- 2 botellas de plástico de 2 L
- **Tapón de corcho** que encaje en la boca de la botella
- Bomba o inflador con aguja metálica **más larga que el grosor del tapón**
- **Zona exterior amplia** para el lanzamiento

Mejoras opcionales para un cohete más elaborado:

- Cartón para fabricar aletas estabilizadoras y cono de punta
- Cinta adhesiva resistente al agua
- Paracaídas de tela o plástico para recuperación suave
- Varias botellas conectadas en serie para mayor volumen de agua y más empuje

Procedimiento

1. Llenar la botella con **aproximadamente 1/3 de su volumen** con agua.
2. Insertar el tapón de corcho en la boca de la botella, ajustado, **pero no demasiado apretado** (debe salir cuando la presión sea suficiente).
3. Pasar la aguja del inflador a través del tapón, de modo **que quede conectada al interior de la botella**.
4. Colocar la botella boca abajo en la zona de lanzamiento, **con la boca apuntando al suelo**. Asegurarse de que no hay personas en la trayectoria de vuelo.
5. Comenzar a bombear aire. La botella ira **acumulando presión hasta que el tapón ceda** y el cohete salga disparado hacia arriba.

6. (Opcional) Variar la cantidad de agua entre lanzamientos ($1/4$, $1/3$, $1/2$ de botella) y pedir a los alumnos que predigan y comparen alturas.

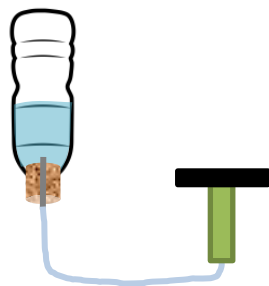


Imagen 1: Esquema del montaje. La botella apunta hacia abajo y el tapón quedará en el suelo cuando el cohete empiece a volar.

Explicación científica

Al bombear aire en la botella, **la presión interior aumenta por encima de la presión atmosférica**. El agua, al ser incompresible, transmite esa presión a todas las paredes de la botella y en particular al tapón.

Cuando la presión es suficiente para vencer la fricción del tapón, este cede y **el agua sale expulsada a gran velocidad hacia abajo**. Si el agua ejerce una fuerza hacia abajo, el cohete **recibe una fuerza igual y opuesta hacia arriba**.

Consejos para la dinamización

Antes del lanzamiento, **se puede preguntar porque creen que el cohete sube** si lo que sale es agua hacia abajo. La respuesta intuitiva suele ser incorrecta (muchos piensan que el agua empuja el suelo), lo que hace que la explicación sea más impactante.

Variar la cantidad de agua entre lanzamientos y pedir a los alumnos que predigan y comparen alturas. Es una introducción natural al método científico: hipótesis, experimento y observación.

Seguridad

Realizar el lanzamiento siempre al aire libre, en un espacio amplio y despejado. Establecer una zona de exclusión de al menos 10 metros en la dirección de vuelo. Ningún alumno debe estar en esa zona durante el lanzamiento. El lanzamiento lo controla el profesor. Los alumnos observan a distancia segura. No usar compresores de aire. Con una bomba de bicicleta manual el riesgo de sobrepresión es bajo. Tener en cuenta la dirección del viento antes de lanzar.

Experimento 7 – Construimos una campana de vacío casera

Concepto: El vacío y la presión atmosférica

Duración aproximada: 45-60 minutos (montaje incluido)

Objetivo didáctico

Este experimento es diferente al resto de la serie ya que no es una demostración puntual, sino que se trata de **construir una herramienta que nos servirá en diferentes experimentos**. Al construirla como un experimento más, se entenderá mucho mejor cómo funciona y por qué funcionan sus partes.

Material necesario

- Bol o campana de vidrio de paredes gruesas (cuanto más grueso mejor para evitar implosiones)
- Plancha de metal o mesa de metal
- Goma de sellado (tira de goma o silicona) para el perímetro de la campana
- Bomba de vacío manual o eléctrica
- Llave de paso (para poder romper el vacío de forma controlada)
- Vacuómetro (para medir la presión interior)
- Tubo en forma de T o de cruz del diámetro adecuado al orificio de la plancha
- Silicona o sellador para impermeabilizar las uniones
- Guantes de protección y gafas o pantalla facial

Procedimiento de montaje

Dada la complejidad del montaje, se recomienda construir y probar la cámara con varios días de antelación.

1. Hacer **dos orificios en la plancha de metal**: uno dentro de la superficie cubierta por la campana y otro fuera.
2. Instalar la bifurcación (en T o en cruz) **en el orificio interior**. Conectar la bomba de vacío, la llave de paso y el vacuómetro. Sellar todas las uniones con silicona.
3. Conectar **el vacuómetro al orificio exterior**.
4. Pegar la tira de goma **siguiendo todo el perímetro** donde apoyara la campana.
5. Colocar el objeto que se desea estudiar dentro de la campana.
6. Situar **la campana sobre la goma**, asegurándose de que queda bien apoyada y cerrar la llave de paso.
7. Activar la bomba de vacío y **ver como la presión baja** (ver en el vacuómetro)
8. Para finalizar, abrir la llave de paso **lentamente para dejar entrar el aire de forma controlada** antes de retirar la campana.

Explicación científica

La cámara de vacío permite **reducir la presión dentro de la campana hasta valores muy bajos**. Al extraer el aire, se eliminan las moléculas que generan la presión, creando un **vacío parcial** que puede medirse con el vacuómetro.

La llave de paso es un componente crítico: permite **aislar el interior del exterior una vez alcanzado el vacío**, de modo que se puede desconectar la bomba sin que entre aire. Cuando la abrimos el aire exterior entra a gran velocidad hasta igualar las presiones, lo que genera un sonido característico de “pop”

La goma de sellado, además de asegurarse de que la campana cierra herméticamente, **distribuye la fuerza que hace la campana contra la mesa**. Esto es importante para que el vidrio no se rompa y la campana implosione.

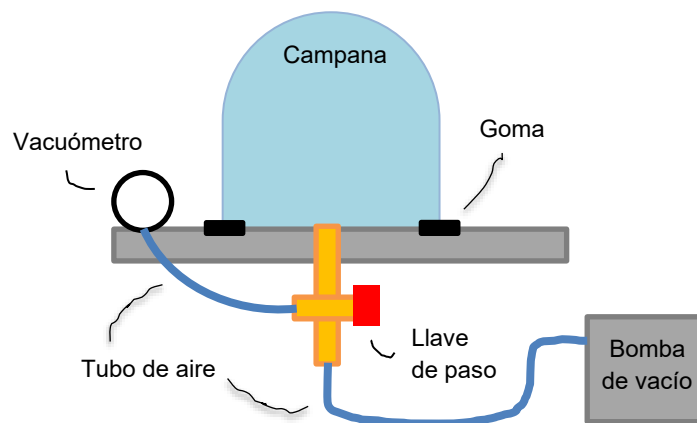


Imagen 1: Esquema del montaje de la campana de vacío. Hay que asegurarse de que todas las conexiones están aisladas del exterior para evitar entradas de aire.

Seguridad

Este es el experimento con mayor exigencia de seguridad de la serie por el riesgo de implosión del vidrio. Es necesario usar siempre guantes de protección y pantalla o gafas faciales durante el montaje y los experimentos.

Es muy importante usar un vidrio de buena calidad y del máximo grosor posible, además de inspeccionar la campana para detectar posibles grietas que comprometan la seguridad del experimento.

No se debe golpear ni hacer vibrar la campana mientras se usa, ni abrir la llave de paso bruscamente, siempre de manera lenta.

Mantener a los alumnos a una cierta distancia de la campana, y deben utilizar gafas de protección por si la campana sufriera algún problema.

Recurso complementario

Video de referencia del experimento:

<https://www.youtube.com/watch?v=2opFNPdFKtw>

Experimento 8 – Los globos que se inflan solos

Tema: Presión atmosférica

Duración aproximada: 15-20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento aprovecha la cámara de vacío construida en el experimento 7 para demostrar de forma visual que **el tamaño de un globo no depende solo de cuanto aire tiene dentro**, sino de la diferencia entre la presión dentro y fuera del globo. Es una demostración muy clara del concepto de **equilibrio de presiones** y complementa de forma natural la explicación de por qué inflamos globos soplando.

Material necesario

- Cámara de vacío montada (Experimento 7)
- 2 o 3 globos de látex inflados a diferentes niveles: uno **muy poco inflado**, uno a **media capacidad** y uno **casi al límite**, para hacer comparaciones.

Procedimiento

1. Inflar los globos **a diferentes niveles** y colocarlos dentro de la campana
2. Situar la campana **sobre la base con la goma**. Cerrar la llave de paso.
3. Activar la bomba de vacío y extraer el aire lentamente. Observar cómo **los globos empiezan a expandirse** a medida que cae la presión exterior.
4. Detener la bomba en distintos momentos y observar que **los globos dejan de expandirse**: las presiones de fuera y de dentro del globo se igualan.
5. Continuar extrayendo aire hasta el máximo posible y **observar las diferencias de tamaño entre los globos**.
6. Abrir la llave de paso lentamente para dejar entrar el aire. Observar cómo **los globos recuperan su tamaño original** al volver a estar a presión atmosférica.

Explicación científica

Un globo inflado se mantiene a un tamaño porque **hay un equilibrio entre dos fuerzas opuestas**: la presión del aire en su interior (que empuja hacia afuera) y la presión exterior (que empuja hacia dentro del globo).

Al extraer el aire de la cámara **la presión exterior es más pequeña que antes**, ya que **hay menos partículas de aire** que puedan empujar el globo.

El globo ya no está en equilibrio: la presión de dentro es más fuerte que la de fuera y el látex se expande **hasta alcanzar un nuevo equilibrio**. Cuanto más baja la presión exterior, mayor será la expansión.

Cuando se abre la llave de paso, **la presión exterior vuelve a ser la atmosférica** y el globo regresa **a su tamaño original**. Este proceso es completamente reversible porque el aire interior no ha cambiado, **solo ha cambiado la presión del entorno**.

El caso del globo muy inflado es un ejemplo de **cuando la presión de dentro del globo es muy grande** y hace que el látex del globo se rompa.



Imagen 1: Ejemplo del experimento. Hay globos de diferentes tamaños, de los cuales algunos explotarán y otros no

Consejos para la dinamización

Antes de activar la bomba, preguntar a los alumnos que esperan que ocurra. La mayoría creerá que los globos no cambiarán o que se desinflarán, no que se expandirán

Detener la extracción de aire a la mitad y preguntar: los globos han dejado de crecer, ¿por qué? La respuesta (nuevo equilibrio de presiones) consolida el concepto central del experimento.

Seguridad

Mantener las mismas precauciones que en el experimento 7, guantes y protección facial.

Experimento 9 - Sonido y Vacío: un matrimonio Imposible

Tema: El sonido

Duración aproximada: 15-20 minutos

Objetivo didáctico

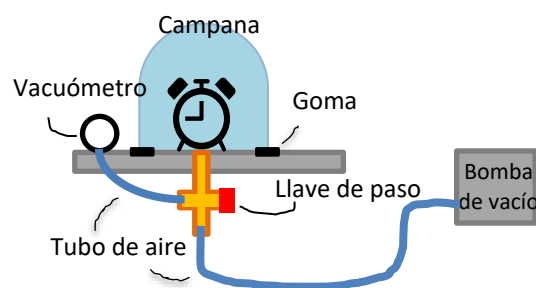
Este experimento demuestra de forma directa y sorprendente que el sonido necesita un medio material para propagarse. Cuando le quitamos el aire de su alrededor, el sonido va desapareciendo hasta que, cuando hay muy poco aire, el sonido prácticamente desaparece.

Material necesario

- Cámara de vacío montada (Experimento 7)
- Fuente de sonido continuo y autónomo (por ejemplo, un despertador mecánico o un teléfono móvil reproduciendo música constantemente...)
- Un trozo de espuma que permita aislar la fuente de sonido de la base

Procedimiento

1. Colocar la fuente de sonido **sobre un trozo de espuma o goma** dentro de la cámara, asegurándose de que no toca directamente la plancha metálica.
2. Situar la campana sobre la base con la goma de sellado y **cerrar la llave de paso**. Confirmar que **la fuente suena con claridad** desde el exterior.
3. Activar la bomba de vacío y **extraer el aire lentamente**. Pedir a los alumnos que escuchen con atención el sonido y observar que **el sonido va desapareciendo**.
4. Continuar hasta **el máximo vacío alcanzable**. El sonido debería ser muy débil o imperceptible.
5. Abrir la llave de paso lentamente. Observar como **el sonido recupera su volumen original** a medida que entra el aire.



Explicación **Imagen 1:** Esquema del experimento. Es el mismo que el de la cámara de vacío, pero con una fuente de sonido dentro **científica**

El sonido es una onda mecánica: son **las propias partículas de aire vibrando**. Cuando la fuente de sonido vibra empuja las moléculas de aire de su alrededor, que empujan a las siguientes, y estas a las siguientes... Se crean diferentes **zonas con más y con menos presión**, y esto es lo que detecta nuestro oído.

Al extraer el aire de la cámara, **estamos quitando partículas** que puedan vibrar para transmitir el sonido: con menos partículas es más difícil que la onda (el sonido) sea capaz de irse propagando. En el caso de no tener prácticamente partículas (como en el espacio) **el sonido no se puede propagar**. ¡Por eso en el espacio no se oye nada! La fuente de sonido sigue vibrando, eso no ha cambiado, pero como no hay aire a su alrededor no podemos oírla.

Consejos para la dinamización

Antes de empezar, preguntar a los alumnos: ¿Si colocáramos un altavoz en el espacio, podríamos oír la música?

El momento de abrir la llave de paso al final es tan didáctico como el de extraer el aire: el sonido regresa de golpe, lo que refuerza que la causa de la atenuación era la ausencia de aire y no ninguna otra cosa.

Seguridad

Mantener las mismas precauciones que en el experimento 7, guantes y protección facial mientras la cámara está en uso.

Experimento 10 - Agua en el vacío

Tema: Punto de ebullición y presión de vapor

Duración aproximada: 15-20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento **desmonta una idea muy común**: que el agua hierve a 100°C. En realidad, **el agua solo hierve a 100°C a presión atmosférica**, pero puede hervir a otras temperaturas si la presión es diferente. Es una de las demostraciones más impactantes de la serie porque **contradice directamente la experiencia cotidiana de los alumnos** e introduce el concepto de presión de vapor.

Material necesario

- Cámara de vacío montada (Experimento 7)
- Vaso con agua a temperatura ambiente
- Termómetro (recomendable: demuestra que el agua no está caliente)

Procedimiento

1. Colocar el vaso con **agua a temperatura ambiente** dentro de la cámara. Si se usa termómetro, **meter el termómetro en el vaso** para ver en tiempo real que la temperatura no cambia.
2. Situar la campana sobre la base con la goma de sellado y cerrar la llave de paso.
3. Activar la bomba de vacío y extraer el aire lentamente. Observar el vacuómetro.
4. A medida que la presión cae, **observar como el agua comienza a burbujear** y a hervir visiblemente, sin que la temperatura esté subiendo.
5. Abrir la llave de paso **lentamente** para dejar entrar el aire. Observar como el agua **deja de hervir inmediatamente** al volver a estar a presión atmosférica.

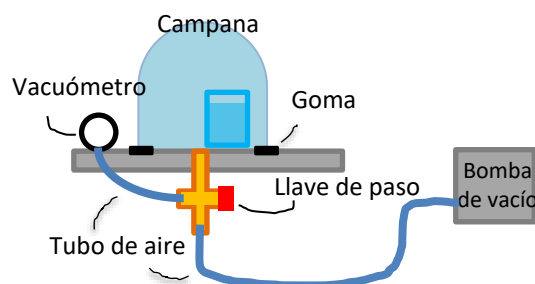


Imagen 1: Esquema del experimento. Es simplemente la cámara de vacío con un vaso de agua dentro.

Explicación científica

La ebullición **no ocurre a una temperatura fija**, sino cuando **la presión de vapor del líquido iguala la presión exterior**. La presión de vapor es la presión que las moléculas hacen **para conseguir escapar del líquido**, es decir, evaporarse. Cuanta más temperatura, más presión de vapor tendrán las moléculas del líquido.

Cuando el líquido está a presión atmosférica, **la presión de vapor que iguala a la presión atmosférica se consigue a 100°C**. Esta es la temperatura a la que estamos acostumbrados que hierva el agua. Pero si la presión exterior es más pequeña que la atmosférica, la presión de vapor que tendrán que hacer las moléculas para escapar **será más pequeña** y, por tanto, no tendrá que estar tan caliente.

Cuando abrimos la llave de paso, la presión exterior vuelve a ser la atmosférica **y las partículas de agua no tienen suficiente presión de vapor** para escapar. El agua no se ha calentado ni enfriado, **solo ha cambiado la presión de su entorno**.

Consejos para la dinamización

La pregunta de arranque más efectiva es directa: ¿A que temperatura hierva el agua? Casi todos los alumnos responderán 100°C. Mostrarles acto seguido que hierva a temperatura ambiente sin calentarla es el mejor gancho posible.

El termómetro permite a los alumnos comprobar ellos mismos que la temperatura no ha cambiado mientras el agua hierva. Sin el termómetro, algunos podrían pensar que la campana ha calentado el agua de alguna manera.

Seguridad

Mantener las mismas precauciones que en el experimento 7, guantes y protección facial mientras la cámara está en uso.

Experimento 11 – ¿Qué hace que la presión sea más o menos fuerte?

Tema: Presión hidrostática

Duración aproximada: 15-20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento demuestra de forma visual que la presión que ejerce un fluido en un punto depende únicamente de la altura de fluido que tiene por encima. Ni de la cantidad total de líquido, ni de la forma ni de nada más que la altura que tiene por encima.

Material necesario

- Botella de plástico de 2 L llena de agua
- Punzón, clavo o destornillador fino para hacer los orificios
- Cinta para tapar los agujeros.
- Bandeja o túper para recoger el agua
- Embudo (para rellenar la botella)
- (Opcional) Botella de forma irregular (cono u otra forma)
- (Opcional) Regla para medir la distancia que alcanzan los chorros

Procedimiento

1. Con el punzón hacer **3 agujeros a diferentes alturas de la botella**. Tapar los 3 agujeros con la cinta aislante.
2. Llenar la botella **completamente con agua** y colocarla en el borde de una mesa, con la bandeja debajo.
3. Destapar **el agujero de arriba**. Observar la velocidad y la trayectoria del chorro. Tapar el agujero y rellenar la botella para repetir con el siguiente agujero.
4. Destapar **el agujero del medio**. Comparar con el anterior, tapar el agujero y rellenar la botella otra vez.
5. Destapar **el agujero de abajo**. Comparar con los anteriores, tapar el agujero y volver a rellenar la botella
6. Destapar **todos los agujeros a la vez** y observar la diferencia simultánea entre los tres chorros.
7. (Opcional) Medir la distancia que alcanza cada chorro desde la base de la botella

Explicación científica

La presión que ejerce un fluido en un punto **depende de la altura de fluido que hay por encima de ese punto**. Esto viene directamente de la definición de presión del experimento 1; lo importante es tener **la mayor cantidad de líquido encima de una cierta superficie** o, lo que es lo mismo, la altura de la columna de agua que tenga encima. Por eso da igual la forma de la botella: lo único importante es **la altura de la columna de agua** que haya por encima del agujero.

Cuanto más profundo está el agujero, **más agua tiene por encima**, y por tanto más presión. Como la presión es más fuerte, **el agua sale con más fuerza**, con más velocidad. El chorro de abajo sale con más fuerza y alcanza mayor distancia que el de arriba.

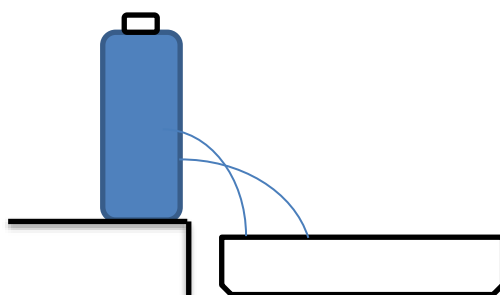


Imagen 1: Esquema del experimento. Las trayectorias son ilustrativas.

Consejos para la dinamización

Antes de hacer los agujeros, preguntar a los alumnos por cual creen que saldrá el agua con más fuerza. La mayoría acertará, pero es útil pedirles que expliquen por qué antes de ver el resultado.

La variante con botella de forma irregular es especialmente útil para reforzar que la presión no depende de la forma del recipiente ni del volumen, solo de la altura.

Seguridad

Utilizar el punzón con cuidado y, dependiendo de la edad de los alumnos, que solo los haga el profesor. Utilizar la bandeja (o hacerlo en el exterior) para evitar que caiga agua al suelo y evitar posibles resbalones.

Experimento 12 - El Principio de Bernoulli

Concepto: Presión en fluidos en movimiento

Duración aproximada: 15-20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento introduce el principio de Bernoulli a través de dos demostraciones muy sencillas con papel y el propio soplo. El resultado es contraintuitivo en ambos casos: soplar entre dos papeles los acerca en vez de separarlos, y soplar sobre un papel lo levanta en vez de tumbarlo.

Material necesario

- 2 hojas de papel DIN-A4 por alumno
- Tijeras

Procedimiento

Demostración 1: los dos papeles

1. Sostener **una hoja de papel DIN-A4 con cada mano**, de forma vertical y paralela, separadas unos 20 cm.
2. Soplar con fuerza y **continuadamente** por el espacio entre los dos papeles.
3. Observar que los papeles **se acercan hacia la corriente** de aire en vez de separarse.

Demostración 2: la tira de papel

4. Recortar una tira de papel **de unos 5 cm** de ancho y el largo de un DIN-A4.
5. Sostener la tira **por un extremo con dos dedos**, de modo que cuelgue libremente hacia abajo frente a la boca.
6. Soplar en línea recta, paralelo a la cara superior de la tira (no hacia abajo). Observar que **la tira se levanta hacia el soplo** en lugar de caer.



Imagen 1: Ejemplo de la realización del experimento

Explicación científica

El principio de Bernoulli dice que cuando un fluido está en movimiento este tendrá **menos presión cuanto más rápido vaya**. Es decir, cuanto más rápido se mueva (por ejemplo) el aire, **menos presión tiene en esa zona**.

En la primera demostración, al soplar entre los dos papeles se crea **una corriente de aire rápida en esa zona**, lo que **reduce la presión entre los papeles**. Fuera de esta corriente, donde el aire está quieto, la presión es la presión atmosférica y es **más grande que la presión dentro de la corriente**. Por eso, la presión atmosférica **empuja a los papeles hacia dentro**, donde la presión es más baja.

En la segunda demostración pasa algo muy parecido. Al soplar por encima del papel, se crea **una corriente de aire con una presión más baja que la atmosférica** y la presión debajo del papel sigue siendo la atmosférica, que es más grande. Por eso, **la presión atmosférica empuja al papel hacia arriba**, donde esta la corriente de aire con una presión más baja.

El principio de Bernoulli se menciona frecuentemente como explicación de por qué vuelan los aviones: el perfil del ala (más curvado por arriba que por abajo) hace que el aire circule más rápido por la parte superior, creando una zona de menor presión que genera sustentación. Esta explicación es correcta pero incompleta, ya que la sustentación de un avión real depende principalmente de la 3ª Ley de Newton (al empujar aire hacia abajo con las alas, se crea una reacción en la dirección opuesta, hacia arriba, levantando el avión).

Consejos para la dinamización

Hacer el experimento de forma participativa, con todos los alumnos soplando al mismo tiempo. La sorpresa es colectiva y la discusión posterior es más rica.

Antes de soplar, preguntar a los alumnos que esperan que ocurra. Casi todos predirán que los papeles se separarán, haciendo más efectivo el experimento.

Seguridad

El experimento no presenta ningún riesgo.

Experimento EXTRA - El Barril de Pascal

Tema: Presión hidrostática

Duración aproximada: 45-60 minutos

ADVERTENCIA: Este experimento figura como EXTRA porque presenta dificultades técnicas y logísticas significativas. Leer con atención la sección de consideraciones previas antes de intentarlo.

Objetivo didáctico

El barril de Pascal es uno de los experimentos más espectaculares de la historia de la física: una columna de agua de apenas unos centímetros de diámetro, elevada a suficiente altura, genera la presión necesaria para reventar un tubo de ensayo. Demuestra de forma impactante que la presión hidrostática depende exclusivamente de la altura de la columna de fluido, no de su volumen total, por lo que una cantidad relativamente pequeña de líquido puede ejercer mucha más fuerza de lo que parece.

Consideraciones previas: dificultades técnicas

- **Altura mínima necesaria:** se necesitan al menos **10 metros de columna de agua** para generar 1 atm de presión adicional. En la práctica, para asegurar que el tubo de ensayo reviente conviene disponer de **12-15 metros**. Esto implica acceso a una 3ª o 4ª planta del edificio.
- **Burbujas de aire en el tubo:** el mayor problema técnico. Las burbujas de aire atrapadas en el tubo interrumpen la columna continua de agua y **reducen drásticamente la presión transmitida**. Se puede minimizar llenando el tubo muy lentamente y usando una jeringa para expulsar las burbujas.
- **Diámetro del tubo:** debe ser suficientemente grande para **evitar efectos de capilaridad** (que retienen el agua en tubos muy finos) pero no tan grande que requiera demasiada agua. Se recomienda un radio útil de 5-10 mm.
- **Resistencia del tubo de ensayo:** es necesario conocer la presión de rotura del material. Para vidrio borosilicato 3.3 (estándar) con paredes de 1,5 mm de grosor y radio de 2 cm, **la presión de rotura aproximada es de 1 atm**, lo que coincide con la presión generada por 10 metros de columna de agua. Se recomienda usar tubo de plástico en lugar de vidrio para el tubo largo, reservando **el vidrio solo para el tubo de ensayo** que se desea reventar.

Material necesario

- Acceso a una altura de **12-15 metros** (3ª o 4ª planta del edificio)
- Tubo largo (**10-15 metros**) de plástico transparente con **radio útil de 5-10 mm**
- Tubo de ensayo de **vidrio borosilicato** con tapón de corcho
- Tupper o **caja protectora** donde alojar el tubo de ensayo
- **Embudo** para llenar el tubo desde arriba
- **Jeringa** para eliminar burbujas de aire del tubo
- Cinta aislante para **unir y sellar** los tramos
- Agua común
- Gafas de protección
- Colorante azul (*opcional, para aumentar el efecto visual*)

Procedimiento

1. **Preparar el tubo de ensayo:** hacer un orificio en el corcho e insertar el extremo del tubo largo. Sellarlo con silicona o cinta aislante para que no haya fugas.
2. Colocar el tubo de ensayo **dentro del tupper protector**, con el tubo largo saliendo por un orificio en la tapa. Cerrar el tupper.
3. Con ayuda de varias personas, **extender el tubo largo** desde el tupper en la planta baja hasta la planta superior (12-15 metros de altura). Asegurar el tubo a la barandilla o pared para que no caiga.
4. **Colocar el embudo** en el extremo superior del tubo.
5. Llenar el tubo **lentamente** con agua coloreada comprobando que no se forman burbujas. Si aparecen, **usar la jeringa para expulsarlas** antes de continuar.
6. Continuar llenando hasta alcanzar la altura crítica (~10 metros de columna). Observar el momento en que **el tubo de ensayo revienta** dentro del tupper.

Explicación científica

La presión hidrostática en un punto de un fluido **depende únicamente de la altura** del fluido encima suyo. Esto lo vimos en el experimento 11, pero aquí presenciamos una aplicación **aún más directa y visual** que la de ese experimento.

Esta presión **actúa sobre la base del tubo de ensayo** independientemente del diámetro del tubo largo. Un tubo de 5 mm de diámetro y uno de 50 cm de diámetro, ambos con 10 metros de columna de agua, ejercen **exactamente la misma presión en su base**. Aunque en el primer caso hay mucha menos agua (el peso total es mucho menor) la presión (fuerza por unidad de área) es exactamente la misma que en el segundo caso.

Este resultado es lo que hace el experimento tan sorprendente: **una cantidad mínima de agua** (la que cabe en un tubo fino de 10 metros) es capaz de reventar un recipiente mucho más robusto, **únicamente por la altura de la columna**.

Consejos para la dinamización

La pregunta clave antes del experimento es: ¿Cuánto volumen de agua creéis que hace falta para reventar el tubo de ensayo? Cuando los alumnos comprueben que basta con el agua contenida en un tubo fino de 10 metros (menos de algunos litros en muchos casos), el impacto es máximo.

Seguridad

Este es el experimento con mayor exigencia de seguridad de la serie de presión:

- El tubo de ensayo de vidrio revienta con fragmentos. El tupper protector es imprescindible, no opcional.
- Todos los presentes deben llevar gafas de protección durante el llenado y el momento crítico.
- Asegurarse de que no hay nadie debajo del tubo largo durante el llenado: si se desconecta una unión, el agua cae desde altura considerable.
- El tubo largo debe estar bien fijado a la estructura del edificio para que no caiga.