

## 9

# FUERZAS EN LOS FLUIDOS

**E**n la Unidad 7 hemos recordado que uno de los efectos de las fuerzas es provocar deformaciones en los cuerpos, dependiendo de sus características elásticas.

Ahora vamos a relacionar las fuerzas con las superficies sobre las que actúan. Cuando un sólido ejerce una fuerza sobre otro, esta se reparte entre todos los puntos de la superficie de contacto entre ambos. Entonces, en la mayoría de las ocasiones, los sólidos blandos resisten grandes fuerzas sin romperse o deformarse y, viceversa, los sólidos muy rígidos se rompen más fácilmente al aplicarles pequeñas fuerzas. Estos efectos tienen mayor interés cuando se trata de fluidos. En esta unidad estudiaremos los fenómenos que las fuerzas y las presiones provocan sobre los sólidos y los fluidos y las numerosas aplicaciones prácticas que de ellos se derivan.

## Temporalización

Esta unidad se puede desarrollar en 8-9 sesiones.

## Objetivos de la unidad

- Reconocer que el efecto de una fuerza no solo depende de su intensidad sino también de la superficie sobre la que actúa.
- Calcular la presión ejercida por el peso de un objeto regular en distintas situaciones en las que varía la superficie en la que se apoya, comparando los resultados y extrayendo conclusiones.
- Interpretar fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas en relación con los principios de la hidrostática.

- Justificar fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la profundidad en el seno de la atmósfera y la hidrosfera.
- Resolver problemas relacionados con la presión en el interior de un fluido aplicando el principio fundamental de la hidrostática.
- Analizar aplicaciones prácticas basadas en el principio de Pascal.
- Predecir la flotabilidad de objetos utilizando la expresión matemática del principio de Arquímedes.
- Diseñar experiencias o dispositivos que ilustren el comportamiento de los fluidos.
- Interpretar el papel de la presión atmosférica en experiencias como el experimento de Torricelli, los hemisferios de Magdeburgo, etc.
- Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos.
- Elaborar y defender un proyecto de investigación aplicando las TIC.

## Atención a la diversidad

Además de las actividades propuestas en el Libro del Alumno, graduadas según su dificultad, se proponen otras de refuerzo y ampliación para tener en cuenta los distintos ritmos de aprendizaje.

PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA DE LA UNIDAD				
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Actividades del LA relacionadas	Competencias clave
<b>La presión</b>	1. Reconocer que el efecto de una fuerza no solo depende de su intensidad sino también de la superficie sobre la que actúa.	1.1. Interpreta fenómenos y aplicaciones prácticas en las que se ponga de manifiesto la relación entre la superficie de aplicación de una fuerza y el efecto resultante.	2-4, 6 AF: 6	CMCCT CCL
		1.2. Calcula la presión ejercida por el peso de un objeto regular en distintas situaciones en las que varía la superficie en la que se apoya, comparando los resultados y extrayendo conclusiones.	1, 5, 7-10 AF: 1, 5, 7 ER: 1, 2	
<b>Presión en el interior de un fluido en reposo</b> <b>La presión hidrostática:</b> <b>Principio fundamental de la hidrostática</b> <b>Principio de Pascal</b> <b>Fuerzas de empuje</b> <b>Principio de Arquímedes</b>	2. Interpretar fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas en relación con los principios de la hidrostática y resolver problemas aplicando las expresiones matemáticas de los mismos.	2.1. Justifica razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la profundidad en el seno de la hidrosfera.	11, 12 AF: 8-11 ER: 3, 4	CMCCT CCL
		2.2. Resuelve problemas relacionados con la presión en el interior de un fluido aplicando el principio fundamental de la hidrostática.	13, 15 AF: 12-19, 21	
		2.3. Analiza aplicaciones prácticas basadas en el principio de Pascal, como la prensa hidráulica, elevador, dirección y frenos hidráulicos, aplicando la expresión matemática de este principio a la resolución de problemas en contextos prácticos.	17-21 AF: 22-27 ER: 5	
		2.4. Explica el abastecimiento de agua potable, el diseño de una presa y las aplicaciones del sifón utilizando el principio fundamental de la hidrostática.	14, 16 AF: 20	
		2.5. Predice la mayor o menor flotabilidad de objetos utilizando la expresión matemática del principio de Arquímedes.	31-40; ER: 6-9 AF: 36-48 TTyE	
3. Diseñar y presentar experiencias o dispositivos que ilustren el comportamiento de los fluidos y que pongan de manifiesto los conocimientos adquiridos así como la iniciativa y la imaginación.	3.1. Comprueba experimentalmente o utilizando aplicaciones virtuales interactivas la relación entre presión hidrostática y profundidad en fenómenos como la paradoja hidrostática, el tonel de Pascal y los vasos comunicantes.	17 AF: 38	CMCCT CCL CD	
		4. Interpretar fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas en relación con los principios de la hidrostática y resolver problemas aplicando sus expresiones matemáticas.	4.1. Justifica razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la altura en el seno de la atmósfera.	26 AF: 28, 29, 31
<b>Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo</b>	5. Diseñar y presentar experiencias o dispositivos que ilustren el comportamiento de los fluidos y que pongan de manifiesto los conocimientos adquiridos así como la iniciativa y la imaginación.	5.1. Interpreta el papel de la presión atmosférica en experiencias como el experimento de Torricelli, los hemisferios de Magdeburgo, recipientes invertidos donde no se derrama el líquido, etc., infiriendo su elevado valor.	22-25 AF: 30, 32 LyCC	CMCCT CCL CAA
		5.2. Describe el funcionamiento básico de barómetros y manómetros justificando su utilidad en diversas aplicaciones prácticas.	27, 28 AF: 29	
	6. Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos y a la interpretación de mapas del tiempo, reconociendo términos y símbolos específicos de la meteorología.	6.1. Relaciona los fenómenos atmosféricos del viento y la formación de frentes con la diferencia de presiones atmosféricas entre distintas zonas.	29, 30 AF: 33-35	
6.2. Interpreta los mapas de isobaras que se muestran en el pronóstico del tiempo indicando el significado de la simbología y los datos que aparecen en los mismos.		TI		
7. Elaborar y defender un proyecto de investigación, aplicando las TIC.	7.1. Elabora y defiende un proyecto de investigación, sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.	TI	CMCCT CCL CD	

LA: Libro del alumno; ER: Ejercicios resueltos; AF: Ejercicios, actividades y tareas; LyCC: Lee y comprende la ciencia; TI: Tarea de investigación; TTyE: Técnicas de trabajo y experimentación. CCL: Competencia lingüística; CMCCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; CD: Competencia digital; CAA: Aprender a aprender; CSC: Competencias sociales y cívicas; CSIEE: Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor; CCEC: Conciencia y expresiones culturales

## MAPA DE CONTENIDOS DE LA UNIDAD

PARA EL ALUMNO

Oxford investigación &gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;

Actividades interactivas &gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;

**Vídeo:**

La meteorología

**Enlace web:**

Hidrostática

**Enlace web:**

Principio de Pascal

**Práctica de laboratorio:**

Prensa hidráulica

**Animación:**

Principio de Pascal

## Unidad 9. Fuerzas en los fluidos

1. La presión

2. Presión en el interior de un fluido en reposo

3. La presión hidrostática.  
Principio fundamental de la hidrostática  
3.1. Principio fundamental de la hidrostática  
3.2. Vasos comunicantes4. Principio de Pascal  
4.1. La prensa hidráulica  
4.2. Los frenos hidráulicos

PARA EL PROFESOR

**Mapa conceptual**  
Presentación de la unidad**Actividad de refuerzo:**  
Hundirse o no hundirse**Actividad de refuerzo:**  
Veinte mil leguas de viaje submarino**Actividad de refuerzo:**  
El freno hidráulico

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUILAR, J. Y SENENT, F.***Cuestiones de Física.* Barcelona: Reverté, 2002**ALFONSECA, M.***Grandes científicos de la humanidad.* Madrid: Espasa Calpe, 1998.**ASIMOV, I.***Cronología de los descubrimientos.* Barcelona: Ariel, 1990.**BRAMWELL, M. y MOSTYN, D.***Cómo funcionan las máquinas.* Madrid: Plaza Joven, 1986.**BURBANO DE ERCILLA, S.***Física General.* Madrid: Tébar, 2003.**CROMER, A.***Física en la Ciencia y en la Industria.* Barcelona: Reverté, 2006.**GIANCOLI, D. C.***Física. Principios y aplicaciones.* Barcelona: Reverté, 2005.**LEDESMA, M.***Principios de Meteorología y Climatología.* Madrid: Paraninfo, 2011.**PASCAL, B.***Tratados de pneumática.* Madrid: Alianza, 1980.**PERELMAN, Y.***Física recreativa.* Barcelona: Martínez Roca, 2015.**TIPLER, P.***Física para la ciencia y la tecnología.* Barcelona: Reverté, 2005

Oxford investigación

Actividades interactivas

**Videos:**

1. Interpretación de un mapa del tiempo. 2. Frentes fríos y cálidos

**Enlace web:**

Mapas del tiempo

**Comprensión lectora:**

1. El primer barómetro. 2. Clima y contaminación

**Simulaciones:**

1. Experimento interactivo sobre el principio de Arquímedes. 2. Flotabilidad

**Animación:**

Principio de Arquímedes

**5. La presión atmosférica**

- 5.1. Relación de la presión atmosférica y la latitud
- 5.2. Instrumentos para medir la presión en los gases
- 5.3. Previsión del tiempo: borrascas y anticiclones

**6. Fuerzas de empuje. Principio de Arquímedes**

- 6.1. Las fuerzas de empuje
- 6.2. Aspectos cuantitativos del principio de Arquímedes
- 6.3. Determinación de densidades
- 6.4. Flotabilidad de los cuerpos

**Ejercicios, actividades y tareas****Técnicas de trabajo y experimentación**  
Comprobación del principio de Arquímedes**Tarea de investigación**  
Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo**Actividades de refuerzo:**

- 1. Experiencias para poner de manifiesto la presión atmosférica.
- 2. Compresibilidad de los gases

**Actividad de ampliación:**

Los hemisferios de Magdeburgo

**Actividades de refuerzo:**

- 1. La balanza hidrostática.
- 2. Peso y empuje

**Presentación de la unidad**  
**Mapa conceptual**  
**Pruebas de evaluación**  
**Evaluación de competencias****WEBGRAFÍA**

<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=136162>

Portal del ministerio de educación de Chile con multitud de recursos didácticos sobre física en el nivel de este curso.

[http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/bf7a6e8e-35a2-4717-a16a-4f16646a2748/mapas\\_del\\_tiempo.html](http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/bf7a6e8e-35a2-4717-a16a-4f16646a2748/mapas_del_tiempo.html)

Página con contenidos sobre el clima y la interpretación de mapas del tiempo, en un contexto más amplio relacionado con otras disciplinas.

[http://www.ecured.cu/Vasos\\_comunicantes](http://www.ecured.cu/Vasos_comunicantes)

Enlace sobre los vasos comunicantes.

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/indice.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/indice.htm)

Animación muy interesante para seguir paso a paso el experimento de Arquímedes en relación a la corona de Hierón. Incluye actividades interactivas para evaluar la comprensión del procedimiento.

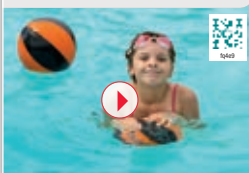
## 9

## FUERZAS EN LOS FLUIDOS

EN ESTA UNIDAD VAS A APRENDER A...



- Interpretar fenómenos y aplicaciones en las que se pone de manifiesto la relación entre la superficie de aplicación de una fuerza y el efecto de la fuerza resultante.
- Justificar razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la profundidad en el seno de la hidrosfera y la atmósfera.
- Resolver problemas relacionados con la presión en el interior de un fluido aplicando el principio fundamental de la hidrostática.
- Predicir la mayor o menor flotabilidad de objetos utilizando la expresión matemática del principio de Arquímedes.
- Relacionar los fenómenos atmosféricos con la diferencia de presiones atmosféricas entre distintas zonas e interpretar los mapas de isobaras indicando el significado de la simbología y los datos que aparecen.



## CONTENIDOS DE LA UNIDAD

## 1. La presión



Una misma fuerza puede dar lugar a una presión que será mayor o menor dependiendo del área de la superficie sobre la que actúa. Una persona con un tacón de aguja ejerce una presión mayor que la misma persona con un zapato plano.

¿Por qué los animales más pesados, como los elefantes, tienen patas más anchas que los que son más ligeros, como los pájaros?

¿Por qué las agujas, alfileres, chinchetas y clavos terminan en punta?

## 2. Presión en el interior de un fluido en reposo



Un fluido ejerce fuerzas perpendiculares sobre las superficies que están en contacto con él: paredes y fondo del recipiente o cualquier objeto sumergido en él.

¿Qué dirección tiene el líquido que escapa por los agujeros de la botella?

## 3. La presión hidrostática. Principio fundamental de la hidrostática



Los vasos comunicantes son dos o más recipientes comunicados por su parte inferior. Si se vierte en uno de ellos un líquido homogéneo, por ejemplo, agua, esta alcanza el mismo nivel en todos los recipientes. Este hecho se aprovecha para el abastecimiento de agua en las poblaciones.

¿Sabes por qué en las ciudades los depósitos de agua potable se sitúan en los lugares más elevados?

¿Cómo puedes vaciar una piscina llena de agua utilizando una manguera?

## 4. Principio de Pascal



Cuando se ejerce una presión sobre un fluido, se aplica por igual en todas las direcciones y en todos los puntos del mismo. Es lo que sucede cuando pisamos el pedal del freno: la presión ejercida se transmite a los discos de las ruedas y estas se detienen.

¿Sabes qué es una prensa hidráulica y cómo funciona?

¿Has oído hablar del tonel de Pascal?

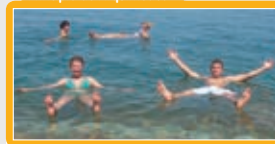
## 5. La presión atmosférica



Todos los cuerpos en la Tierra están sometidos a la presión atmosférica originada por la capa de gases de la atmósfera. Esta presión se ejerce por igual en todas las direcciones y disminuye al aumentar la altura sobre la superficie terrestre.

¿Conoces alguna experiencia que ponga de manifiesto la existencia de la presión atmosférica?

## 6. Fuerzas de empuje. Principio de Arquímedes



La flotabilidad de un cuerpo en un líquido depende de la densidad de este. Un bañista flota mejor en el mar que en agua dulce, porque la densidad del agua salada es mayor y el empuje que recibe el bañista también lo es.

¿Por qué es muy difícil que alguien se ahogue en el mar Muerto, aunque no sepa nadar?

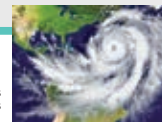
## Tarea de investigación

## Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo

La meteorología estudia las propiedades y características de la atmósfera, los fenómenos atmosféricos y su relación con el tiempo atmosférico. Actualmente, la información meteorológica forma parte de los contenidos de cualquier medio de comunicación, sobre todo en forma de mapas del tiempo.

¿Sabes interpretar los símbolos que aparecen en un mapa del tiempo?

¿Conoces la relación que existe entre los valores de la presión atmosférica y el tiempo atmosférico?



Para trabajar la sección **En esta unidad vas a aprender a...** conviene que los alumnos lean los estándares de aprendizaje y debatir sobre los conocimientos previos que tienen sobre ellos. A continuación se puede visualizar el vídeo para introducir la unidad:

Vídeo:  
LA METEOROLOGÍA

Vídeo de 26 minutos que muestra la importancia de los estudios meteorológicos en muy diversas facetas de nuestra vida. Incluye animaciones que describen los principales fenómenos atmosféricos.

## 1. La presión

Se trata de que los alumnos relacionen los conceptos de fuerza y superficie sobre la que actúa.

¿Por qué los animales más pesados, como los elefantes, tienen patas más anchas que los que son más ligeros como los pájaros?

La mayoría de los alumnos responderán que los animales pesados necesitan patas anchas para disminuir su presión sobre el suelo y no hundirse, cosa que no sucede en el caso de los animales más ligeros como los pájaros. Algunos alumnos comentarán que la superficie de las patas de las aves se incrementa con el peso de estas.

¿Por qué las agujas, alfileres, chinchetas y clavos terminan en punta?

Casi todos responderán que para que puedan penetrar en el medio correspondiente: tejidos, corcho, madera, etc.

## 2. Presión en el interior de un fluido en reposo

¿Qué dirección tiene el líquido que escapa por los agujeros de la botella?

Los alumnos, tras observar la fotografía, deberían llegar a la conclusión de la dirección del chorro de líquido es en todos casos perpendicular a la superficie de la botella.

Conviene que observen también el diferente alcance de cada uno de los chorros según a la altura a la que se encuentre.

## 3. La presión hidrostática. Principio fundamental de la hidrostática

¿Sabes por qué en las ciudades los depósitos de agua potable se sitúan en los lugares más elevados?

Una parte de los alumnos responderá que para que el agua tenga más presión y otros lo asociarán a los vasos comunicantes. Ambos tendrán razón.

¿Cómo puedes vaciar una piscina vacía llena de agua utilizando una manguera?

Se sumerge la manguera en la piscina hasta que se llene de agua. Una vez llenada la manguera se tapa uno de los orificios con el pulgar o la palma de la mano, se saca ese extremo de la manguera de la piscina y se deposita en el suelo o en el desagüe correspondiente. Rápidamente empezará a circular el agua y a vaciarse la piscina.

## 4. Principio de Pascal

¿Sabes qué es una prensa hidráulica y cómo funciona?

¿Has oído hablar del tonel de Pascal?

La mayoría de los alumnos no sabrán responder adecuadamente. En el texto que precede a las cuestiones está incluida la respuesta pero no terminarán de entenderlo hasta llegar al epígrafe correspondiente. Luego se trata de despertarles el interés por la respuesta.

## 5. La presión atmosférica

- ¿Conoces alguna experiencia que ponga de manifiesto la existencia de la presión atmosférica?

Como esto se ha tratado en cursos anteriores, todos los alumnos conocerán una o más experiencias al respecto. Esto permite organizar un pequeño debate a ello.

Mencionarán el vaso con agua tapado con una cartulina situado boca abajo, la succión con una pajita, el “invisible aplastador”, etc.

## 6. Fuerzas de empuje. Principio de Arquímedes

Se trata de que los alumnos relacionen la flotabilidad con la densidad del líquido.

- ¿Por qué es muy difícil que alguien se ahogue en el mar Muerto aunque no sepa nadar?

Muchos alumnos responderán que es debido a la alta densidad en sal que tiene este lugar. Los alumnos pueden encontrar en la web imágenes, muy divertidas, relacionadas con este fenómeno.

### Tarea de investigación: Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo

Se puede comenzar al mismo tiempo que se inicia la unidad, ya que no requiere de especiales conocimientos previos para su desarrollo o bien a partir del epígrafe 5.

Las competencias claves que esta tarea de investigación permite desarrollar son:

#### Comunicación lingüística

- Interactuar de forma adecuada lingüísticamente.
- Expresarse e interpretar de forma oral y escrita, pensamientos, opiniones y creaciones.
- Buscar, recopilar y procesar información.
- Dar coherencia y cohesión al discurso y a las propias acciones y tareas.
- Generar ideas, hipótesis e interrogantes.
- Adaptar la comunicación al contexto.

#### Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología

- Integrar el conocimiento matemático con otros tipos de conocimiento.
- Expresarse y comunicarse en el lenguaje matemático.
- Aplicar las estrategias de resolución de problemas a situaciones cotidianas.
- Utilizar los razonamientos matemáticos para enfrentarse a aquellas situaciones que lo precisen.
- Usar correctamente el lenguaje científico para transmitir adecuadamente los conocimientos, hallazgos y procesos.
- Razonar matemáticamente.
- Percibir las demandas o las necesidades de las personas y del medio ambiente.
- Obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa.
- Tomar decisiones sobre el mundo físico y sobre la influencia de la actividad humana, con especial atención al cuidado del medio ambiente.

#### Competencia digital

- Hacer un uso habitual de los recursos tecnológicos disponibles.

- Buscar, analizar, seleccionar, registrar, tratar, transmitir, utilizar y comunicar la información utilizando técnicas y estrategias específicas para informarse, aprender y comunicarse.
- Procesar y gestionar adecuadamente información abundante y compleja.
- Comprender e integrar la información en los esquemas previos de conocimiento
- Emplear diferentes recursos expresivos además de las TIC.

#### Aprender a Aprender

- Administrar el esfuerzo, autoevaluarse y autorregularse.
- Saber transformar la información en conocimiento propio.
- Aceptar los errores y aprender de los demás.
- Adquirir responsabilidades y compromisos personales.
- Ser capaz de autoevaluarse y de definir nuevos objetivos a alcanzar.
- Aplicar los nuevos conocimientos y capacidades en situaciones parecidas y contextos diversos.

#### Competencias sociales y cívicas

- Comunicarse de forma constructiva en el entorno de la clase.
- Expresar y comprender puntos de vista diferentes.
- Negociar sabiendo inspirar confianza y sentir empatía.
- Tomar decisiones y responsabilizarse de las mismas.
- Tener habilidades sociales y saber resolver los conflictos de forma constructiva.
- Practicar el diálogo y la negociación para llegar a acuerdos como forma de resolver conflictos.

#### Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

- Trabajar tanto individualmente como de manera colaborativa dentro de un equipo.
- Reelaborar los planteamientos previos.
- Aceptar los errores y aprender de los demás
- Ser capaz de autoevaluarse y reprogramar un proceso.
- Planificar y evaluar proyectos personales.

#### Conciencia y expresiones culturales

- Poner en funcionamiento la imaginación y la creatividad para expresarse mediante códigos artísticos.
- Explorar diferentes recursos expresivos además de las TIC.
- Cultivar la propia capacidad estética y creadora.

#### OXFORD INVESTIGACIÓN

Se plantean actividades a modo de investigaciones previas antes de estudiar cada apartado de la unidad. En ellas, el alumno irá aprendiendo conceptos y/o procedimientos que después usará para resolver un problema práctico: la tarea de investigación.

#### MAPA CONCEPTUAL

El profesor puede mostrar el mapa conceptual como guía de la unidad, ir señalando lo que en clase se va tratando, o ir construyéndolo según las pautas dadas en las *Técnicas de estudio*.

#### PRESENTACIÓN

Puede ser interesante como recorrido inicial, al comienzo de cada epígrafe o al final de la unidad, como repaso de los contenidos.

La fuerza se expresa en newton, N, y su ecuación de dimensiones es  $M \cdot L \cdot T^{-2}$ .  
La superficie se mide en  $m^2$  y su ecuación de dimensiones es  $L^2$ .

En el dibujo de los prismas sobre la arena:  
a) ¿Son todas las huellas igual de profundas? ¿A qué crees que se debe?  
b) ¿Qué ocurre si el prisma cae sobre una arista?

¿Por qué un cuchillo afilado corta mejor que uno romo?



¿Cuál de los dos clavos penetrará más fácilmente en la madera? ¿Por qué?



Haz una lista de objetos que tengan filo o punta y explica sus aplicaciones.

Calcula la presión ejercida por una fuerza de 50 N sobre una superficie de 2  $m^2$ .

**Ecuación de dimensiones**

La presión tiene la siguiente ecuación de dimensiones:  
 $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$

**1. LA PRESIÓN**

¿Por qué los tractores utilizan ruedas muy anchas para poder circular por terrenos blandos? ¿Por qué las agujas terminan en punta?

En ocasiones, el efecto de una fuerza depende, además, del tamaño de la superficie sobre la que actúa. Así, por ejemplo, utilizamos esquís o raquetas para desplazarnos por la nieve sin hundirnos y, por el contrario, empleamos objetos afilados como instrumentos cortantes. Entra en juego ahora una nueva magnitud física: la presión, que tiene en cuenta estas dos magnitudes: fuerza y superficie.

La presión aparece cuando una fuerza actúa sobre una superficie.

Una misma fuerza puede dar lugar a una presión, que será mayor o menor dependiendo del área de la superficie sobre la que actúe.

Podemos comprobarlo si tomamos un trozo de plastilina o arcilla y lo extendemos hasta formar una capa de unos 2 cm de espesor. A continuación, dejamos caer encima, siempre desde la misma altura, un prisma de metal, madera o mármol, procurando que caiga sobre cada una de sus caras, y comparamos las huellas que deja.



Cuanto menor es la superficie de la cara sobre la que cae el prisma, más profundas son las huellas que deja. Si utilizamos prismas diferentes, las huellas serán más profundas cuanto mayor sea el peso del prisma.

Se define **presión** como la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie.

$$p = \frac{F}{S}$$

En esta ecuación,  $p$  es la presión,  $F$  la fuerza y  $S$ , el área de la superficie. La unidad de presión en el SI es el **newton por metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>)**, que recibe el nombre de **pascal** y cuyo símbolo es **Pa**.

Un pascal es la presión que ejerce una fuerza de un newton sobre una superficie de un metro cuadrado de área.

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

La presión es una magnitud **escalar**, ya que actúa con igual valor numérico en todas las direcciones.

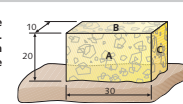
- Responde verdadero o falso y justifica tu respuesta:
- Un cuchillo afilado corta mejor que uno romo porque en el filo del cuchillo afilado la presión es menor que en el del cuchillo romo.
  - El efecto de una fuerza depende del tamaño de la superficie sobre la que actúa.
  - Para una misma fuerza, la presión es mayor cuanto mayor es el área de la superficie sobre la que se ejerce.

**Ejemplos de cálculos de presión**

Vamos a comprobar cómo la presión ejercida sobre el suelo por cada una de las caras de un prisma es diferente, ya que depende de la superficie sobre la que está apoyado.

**EJERCICIO RESUELTO**

1. Un prisma rectangular mide 30 × 20 × 10 cm y pesa 200 N. Calcula la presión que ejerce en el suelo cuando se apoya sobre cada una de sus caras.



Para hallar la presión se usa la expresión:

$$p = \frac{F}{S}$$

Presión ejercida por la cara A:  
 $S_A = 30 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 20 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$   
 $p = \frac{200 \text{ N}}{0,06 \text{ m}^2} = 3333,33 \text{ Pa}$

Presión ejercida por la cara B:  
 $S_B = 30 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,03 \text{ m}^2$   
 $p = \frac{200 \text{ N}}{0,03 \text{ m}^2} = 6666,67 \text{ Pa}$

Al aumentar la superficie, ha disminuido la presión.  
Presión ejercida por la cara C:  
 $S_C = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,02 \text{ m}^2$   
 $p = \frac{200 \text{ N}}{0,02 \text{ m}^2} = 10000 \text{ Pa}$

Al disminuir la superficie aumenta la presión.

Una pequeña superficie permite obtener presiones considerables con fuerzas muy pequeñas. Por este motivo, los cuchillos más afilados cortan mejor y las puntas finas de los clavos y las agujas penetran fácilmente en los cuerpos.

**EJERCICIO RESUELTO**

2. Una aguja de coser de sección  $10^{-6} \text{ m}^2$  ejerce una presión de  $4 \cdot 10^7 \text{ Pa}$  sobre la tela en la que penetra. Averigua:

- Con qué fuerza se ha empujado a esta aguja.  
Como  $p = \frac{F}{S}$ , si despejamos la fuerza tendremos:  $F = p \cdot S$   
Si sustituimos los datos:  
 $F = 4 \cdot 10^7 \text{ Pa} \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 40 \text{ N}$
- La presión que la aguja ejerce sobre la tela si se duplica esta fuerza. Si la fuerza se duplica también lo hace la presión, luego  $p = 8 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ .

10. El tamaño de la punta de un clavo es de 0,1  $\text{mm}^2$ . Con un martillo se golpea el clavo con una fuerza de 150 N. Calcula la presión que hace el clavo sobre un bloque de madera.

Un prisma rectangular mide 30 cm × 20 cm × 10 cm y pesa 100 N. Calcula la presión ejercida por cada una de las caras al apoyarlo sobre una capa de arcilla.

Calcula la presión que ejerce una fuerza de 100 N si se aplica sobre:  
a) Una superficie circular de radio 20 cm.  
b) Una superficie cuadrada de lado 20 cm.

Solución: a) 795,8 Pa; b) 2500 Pa

Un esquiador que pesa 800 N participa en una competición y se desliza sobre la nieve con unos esquís de 1200  $\text{cm}^2$  de superficie cada uno.

- ¿Qué presión ejerce sobre la nieve?
- Un espectador del mismo peso que el esquiador contempla el descenso calzado con unas botas cuyas plantas tienen una superficie de 110  $\text{cm}^2$  cada una. ¿Qué presión ejerce el espectador sobre la nieve?
- ¿Quién se hunde con más facilidad en ella? ¿Por qué nos ponemos raquetas para andar por la nieve?

Solución: a) 6666 Pa; b) 72727 Pa

**Ideas claras**

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la unidad de la superficie sobre la que actúa. Su unidad en el SI es  $\text{N/m}^2$  que recibe el nombre de pascal (Pa).

**1. La presión**

¿Por qué los tractores utilizan ruedas muy anchas para poder circular por terrenos blandos? ¿Por qué las agujas terminan en punta?

Los tractores y las excavadoras utilizan ruedas muy anchas y orugas para circular por terrenos blandos de modo que la fuerza peso esté aplicada sobre una superficie extensa y la presión sea menor que si se aplica sobre una superficie pequeña. Las agujas y los alfileres terminan en punta para que la presión que ejercen sobre los tejidos sea muy elevada y puedan penetrarlos con facilidad.

Se debe insistir en que el efecto de una fuerza no solo depende de su dirección, intensidad, sentido y punto de aplicación, sino también del tamaño de la superficie sobre la que actúa. La presión es la magnitud que relaciona la fuerza que se realiza con la superficie sobre la que se aplica. Una diferencia importante entre fuerza y presión es que, mientras que la fuerza es una magnitud vectorial, la presión es una magnitud escalar.

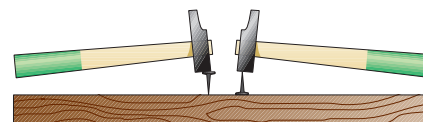
A partir de la ecuación  $p = F/S$ , los alumnos deben deducir que la presión es directamente proporcional a la fuerza que actúa e inversamente proporcional a la superficie de contacto. Conviene que los alumnos averigüen, por sí solos, la ecuación de dimensiones de la presión; esto les ayudará a comprobar que las ecuaciones que aparecen en esta unidad son dimensionalmente homogéneas.

Se puede recurrir a la imagen de un cuchillo cortando un trozo de plastilina para demostrar que en el filo del cuchillo la presión es muy grande. También se les puede pedir que empujen sobre la cabeza de una chincheta para que aprecien que la presión en la punta de la chincheta es muy elevada porque la fuerza actúa sobre una superficie muy pequeña.

Asimismo, se les puede comentar que un tacón de aguja puede estropear un suelo de madera, porque todo el peso del cuerpo se concentra sobre un área muy pequeña. Si la superficie del tacón es mayor, la fuerza ejercida es la misma, pero la presión es menor.

**Soluciones de las actividades**

- En el dibujo de los prismas sobre la arena:
  - ¿Son todas las huellas igual de profundas? ¿A qué crees que se debe?  
Las huellas tienen diferente profundidad. Una huella será más profunda cuanto mayor sea la presión ejercida por el bloque. Esta presión depende del peso y de la superficie de la cara que entra en contacto con la plastilina o la arcilla.
  - ¿Qué ocurre si el prisma cae sobre una arista?  
Si el prisma se deja caer sobre la arista, la huella será más profunda, ya que toda la fuerza peso se concentra sobre una superficie muy pequeña.
- ¿Por qué un cuchillo afilado corta mejor que uno romo?  
Porque, para un mismo valor de la fuerza, esta se ejerce sobre una superficie menor (el filo) y por tanto la presión, y la capacidad de corte, es mayor.
- ¿Cuál de los dos clavos penetrará más fácilmente en la madera? ¿Por qué?



El que se golpea en la cabeza, porque la presión que se ejerce en su punta es mayor.

- 4 Haz una lista de objetos que tengan filo o punta y explica sus aplicaciones.

Respuesta libre. Cuchillos, abrecartas, chinchetas, agujas, alfileres, tijeras, clavos, etc. Todos se usan para cortar, clavar o penetrar en superficies, pues permiten ejercer presiones elevadas.

- 5 Calcula la presión ejercida por una fuerza de 50 N sobre una superficie de 2 m<sup>2</sup>.

La presión se calcula dividiendo la fuerza aplicada entre la superficie de aplicación:  $p = F/S = 50 \text{ N} / 2 \text{ m}^2 = 25 \text{ Pa}$

- 6 Responde verdadero o falso y justifica tu respuesta:

- a) Un cuchillo afilado corta mejor que uno romo porque en el filo del cuchillo afilado la presión es menor que en el del cuchillo romo.

Falso, corta mejor porque en su filo la presión es mayor que en el del cuchillo romo.

- b) El efecto de una fuerza depende del tamaño de la superficie sobre la que actúa.

Verdadero.

- c) Para una misma fuerza, la presión es mayor cuanto mayor es el área de la superficie sobre la que se ejerce.

Falso, la presión es mayor cuanto menor es el área de la superficie sobre la que se ejerce.

### Ejemplos de cálculos de presión

Aunque el concepto de presión se presentó en cursos pasados al tratar la teoría cinética de los gases, los alumnos suelen confundir los conceptos de fuerza y presión. La realización de cálculos de la presión facilita su distinción.

Los alumnos deben analizar el concepto de presión y saber aplicarlo a diferentes situaciones, reales o no. Se puede sugerir a los alumnos que calculen la presión que ejercen sobre el suelo si se apoyan sobre sus dos pies, si se apoyan solo o en uno o si lo hacen sobre las puntas de los pies, como los bailarines.

El objetivo del ejemplo 1 es que los alumnos aprecien que un mismo cuerpo, en este caso un prisma, ejerce diferente presión según sea la cara sobre la que está apoyado.

Al resolver la actividad 9, se puede comentar a los alumnos que hace miles de años los esquimales comprobaron que les resultaba más fácil andar por la nieve si en los pies se colocaban unas tablas o raquetas. Al repartir el peso del cuerpo entre una superficie mayor la nieve se deforma menos y los pies no se hunden en ella.

Recordemos que el criterio de evaluación asociado a estos contenidos es:

- Reconocer que el efecto de una fuerza no solo depende de su intensidad sino también de la superficie sobre la que actúa.

Los estándares de aprendizaje vinculados a estos criterios son:

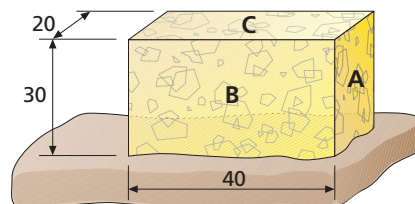
- Interpreta fenómenos y aplicaciones prácticas en las que se ponga de manifiesto la relación entre la superficie de aplicación de una fuerza y el efecto resultante.
- Calcula la presión ejercida por el peso de un objeto regular en distintas situaciones en las que varía la superficie en la que se apoya, comparando los resultados y extrayendo conclusiones.

Es recomendable trabajar la parte inicial del siguiente recurso, sobre presión y superficie.

### Enlace: HIDROSTÁTICA

## Soluciones de las actividades

- 7 Un prisma rectangular mide 30 cm × 20 cm × 40 cm y pesa 100 N. Calcula la presión ejercida por cada una de las caras al apoyarlo sobre una capa de arcilla.



Presión que ejerce la cara A:

$$p_A = 100 \text{ N} / 0,3 \cdot 0,2 \text{ m}^2 = 1667 \text{ Pa}$$

Presión que ejerce la cara B:

$$p_B = 100 \text{ N} / 0,3 \cdot 0,4 \text{ m}^2 = 833 \text{ Pa}$$

Presión que ejerce la cara C:

$$p_C = 100 \text{ N} / 0,2 \cdot 0,4 \text{ m}^2 = 1250 \text{ Pa}$$

- 8 Calcula la presión que ejerce una fuerza de 100 N si se aplica sobre:

- a) Una superficie circular de radio 20 cm.

$$S = \pi \cdot 0,2^2; p = F/S = 796 \text{ N/m}^2$$

- b) Una superficie cuadrada de lado 20 cm.

$$S = 0,2^2; p = F/S = 2500 \text{ N/m}^2$$

- 9 Un esquiador que pesa 800 N participa en una competición y se desliza sobre la nieve con unos esquís de 1200 cm<sup>2</sup> de superficie cada uno.

- a) ¿Qué presión ejerce sobre la nieve?

$$p = F/S; S = 2 \cdot 1200 \text{ cm}^2 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$p = 800 \text{ N} / 0,24 \text{ m}^2 = 3333 \text{ Pa}$$

- b) Un espectador del mismo peso que el esquiador contempla el descenso calzado con unas botas cuyas plantas tienen una superficie de 110 cm<sup>2</sup> cada una. ¿Qué presión ejerce el espectador sobre la nieve?

$$p = F/S; S = 2 \cdot 110 \text{ cm}^2 = 0,022 \text{ m}^2$$

$$p = 800 \text{ N} / 0,022 \text{ m}^2 = 36364 \text{ Pa}$$

- c) ¿Quién se hunde con más facilidad en ella? ¿Por qué nos ponemos raquetas para andar por la nieve?

Se hunde más el espectador, ya que la nieve bajo sus pies soporta una presión mayor que en el caso del esquiador. Este ejemplo permite entender que para poder caminar por la nieve sin hundirse es necesario incrementar la superficie de apoyo, llevando esquís o raquetas de nieve.

- 10 El tamaño de la punta de un clavo es de 0,1 mm<sup>2</sup>. Con un martillo se golpea el clavo con una fuerza de 150 N. Calcula la presión que hace el clavo sobre un bloque de madera.

$$p = 150 \text{ N} / 10^{-7} \text{ m}^2 = 1,5 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$



- Las fuerzas de atracción entre las partículas son más débiles en los líquidos que en los sólidos, por lo que no se mantienen en posiciones fijas, sino que se deslizan unas sobre otras.
- Los líquidos tienen un volumen fijo, pero pueden fluir y adoptar cualquier forma.

## 2. PRESIÓN EN EL INTERIOR DE UN FLUIDO EN REPOSO

El término **fluido** incluye tanto a un líquido como a un gas, ya que ambos comparten las siguientes propiedades:

- No poseen forma propia.
- Adoptan la forma del recipiente que los contiene.

Esto es debido a que las moléculas que los componen tienen libertad de movimiento y, por consiguiente, pueden cambiar fácilmente de posición.

Las paredes del recipiente que contiene un líquido soportan una fuerza originada por el peso del mismo y, por tanto, sobre ellas actúa una presión; pero esta también lo hace sobre el propio líquido, ya que las capas superiores del mismo ejercen una fuerza sobre las inferiores. Así, en el interior de un líquido existe una presión originada por su propio peso que se llama **presión hidrostática**.

### ¿De qué factores crees que depende esta presión?

Vamos a deducir los factores de los que depende la presión en el interior de un líquido en reposo, en general, en un fluido en equilibrio.

#### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la profundidad

Llenamos un recipiente con agua como se observa en la ilustración.

Practicamos en el recipiente varios orificios a diferentes alturas y observamos la **dirección de salida del líquido** y el **alcance** de cada uno de los chorros: el líquido sale en dirección perpendicular a la pared del recipiente y con una fuerza mayor cuanto más abajo está el orificio.

Al analizar los resultados, podemos deducir:

- El líquido ejerce fuerzas **perpendiculares** sobre las superficies en contacto con él.
- Las fuerzas y, por tanto, la presión que ejerce el líquido son **mayores a medida que aumenta la profundidad**, medida desde el nivel de la superficie libre del líquido.

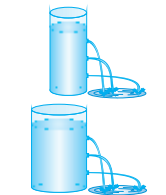
#### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la forma del recipiente

Si repetimos el experimento anterior con recipientes de diferente diámetro, observamos que el alcance de los chorros es el mismo, por lo que deducimos que la presión es independiente del diámetro del recipiente y solo depende de su profundidad.

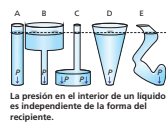
Observa en el segundo dibujo del margen cómo la presión que ejerce el líquido sobre la base de estos recipientes es la misma, aunque tengan formas diferentes y distintas cantidades de líquido, ya que este alcanza en todos ellos la misma altura. Por tanto:

La presión en el interior de un líquido es independiente de la forma del recipiente y de la cantidad de líquido que contenga, siempre que la **profundidad** sea la misma.

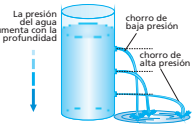
1. Observa la botella dibujada al margen, sobre la que se han practicado distintos orificios. Copia en tu cuaderno el dibujo y dibuja y explica cómo es el alcance y la dirección de salida del líquido por los orificios.



La presión en el interior de un líquido es independiente del diámetro del recipiente.



La presión en el interior de un líquido es independiente de la forma del recipiente.



### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la dirección sobre la que actúa

Llenamos de agua un recipiente ancho y alto y de un líquido coloreado un tubo de vidrio en forma de U cuyas ramas tienen diferente longitud.

Acoplamos a la rama más larga un embudo cubierto por una membrana elástica. Introducimos esta rama en el recipiente con agua y la hacemos descender lentamente. Observamos que, a medida que descende, el nivel de la columna de líquido coloreado sube, lo que quiere decir que la presión aumenta con la profundidad.

Desplazamos horizontalmente la rama en el seno del líquido, **modificando su orientación**, y observamos que la presión es idéntica siempre que mantengamos la misma profundidad.

Para una misma profundidad, la **presión en el interior de un líquido es independiente de la dirección sobre la que actúa** y, en todo caso, perpendicular a la superficie sobre la que se ejerce.

### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la densidad del mismo

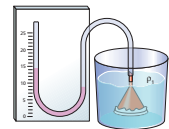
Si en vez de agua utilizamos un líquido más denso, observamos que, para una misma profundidad, la altura del líquido coloreado es mayor cuanto mayor es la densidad del líquido del recipiente.

La presión es mayor cuanto mayor es la **densidad del líquido**.

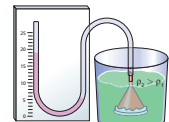
Todos los experimentos realizados sirven para poner de manifiesto las siguientes conclusiones (recuerda que la presión es una magnitud escalar, por lo que las flechas de los dibujos no representan vectores):

1. La presión en el interior de un líquido actúa en todas las direcciones y perpendicularmente a las superficies.
2. La presión es mayor cuanto mayor es la profundidad.
3. La presión es mayor cuanto mayor es la densidad del líquido.
4. La presión no depende de la forma ni de la anchura del recipiente.

12. Dibuja en tu cuaderno las fuerzas que el líquido ejerce sobre las paredes del recipiente y sobre el cuerpo que está sumergido en él.



La presión en el interior de un líquido es independiente de la dirección sobre la que actúa.



La presión es mayor cuanto mayor es la densidad del líquido.

**Ideas claras**

- La presión en el interior de un líquido actúa en todas las direcciones y es perpendicular a la pared del recipiente. Es mayor cuanto mayores son la profundidad y la densidad del líquido.

## 2. Presión en el interior de un fluido en reposo

Conviene recordar el concepto de fluido de acuerdo con la teoría cinética de la materia que se estudió el curso pasado. Se puede pedir a los alumnos que describan las propiedades generales de los líquidos y de los gases (masa, forma, volumen, etcétera).

Según la teoría cinética los gases están formados por partículas que se mueven continuamente en todas las direcciones colisionando entre sí y con las paredes del recipiente que los contiene. Estos choques son los responsables de la presión que ejercen los gases.

Se puede comentar a los alumnos que la parte de la Física que estudia las propiedades de los fluidos en equilibrio (reposo) recibe el nombre de estática de fluidos. Si se ocupa de los fluidos, en particular del agua, se denomina hidrostática y si su objeto de estudio son los gases se denomina aerostática.

### ¿De qué factores depende esta presión?

La cuestión se refiere a la presión hidrostática. Con diferentes experimentos en los que se modifica una variable y se mide la presión averiguaremos de qué factores depende la presión hidrostática y cuáles no le afectan

#### Relación entre la presión de un líquido y la profundidad

Como recipiente se puede utilizar una botella de plástico de 1,5L o de 2L y los agujeros se pueden hacer con un punzón. Los alumnos deben observar el diferente alcance de cada uno de los chorros según la altura a la que se encuentren. Tras la observación deben llegar a conclusiones similares a las siguientes:

- La dirección de salida del líquido es la de la perpendicular a la pared del recipiente.

- El agua sale con mayor presión por los agujeros que están en el fondo de la botella. La presión es mayor cuanto mayor es la profundidad.
- El agua sale con la misma presión por los agujeros que están al mismo nivel, pues la columna de líquido que se encuentra por encima de ellos tiene la misma altura.

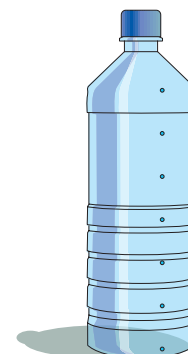
#### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la forma del recipiente

Comparamos los resultados obtenidos en la experiencia anterior con los obtenidos con recipientes de diferente diámetro y son los mismos siempre que la profundidad de los agujeros sea la misma.

Del mismo modo se puede comprobar que la presión es independiente de la forma que tenga el recipiente.

#### Soluciones de las actividades

11. Observa la botella dibujada al margen, sobre la que se han practicado distintos orificios. Copia en tu cuaderno el dibujo y dibuja y explica cómo es el alcance y la dirección de salida del líquido por los orificios.



El agua sale perpendicularmente a la superficie de la botella y describe trayectorias parabólicas, tanto más anchas (mayor alcance) cuanto mayor sea la profundidad del agujero, tal como se observa en la fotografía del inicio de la unidad.

### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la dirección sobre la que actúa

Para realizar esta experiencia primero hay que fabricar un manómetro en forma de U. Un extremo de la rama lleva un embudo cubierto por una membrana elástica que es el que se introduce en el seno del líquido que queremos medir su presión. El otro extremo lleva un líquido coloreado que sube o baja según sea la presión.

Esta experiencia también se puede realizar con un tubo de vidrio abierto por ambos extremos, acoplando a uno de ellos una placa de plástico con un hilo que se mantenga tenso. Al introducir el tubo en una cubeta con agua y soltar el hilo, la placa de plástico permanece adherida al extremo del tubo con independencia de la orientación que tenga (dibujo de la actividad 8, en página 224 del Libro del Alumno).

Con ambas experiencias se llega a la conclusión de que un líquido ejerce fuerzas perpendiculares sobre las superficies que están en contacto con él, ya sean las de las paredes del recipiente que lo contiene u otras superficies que se encuentren en su interior.

### Relación entre la presión en el interior de un líquido y la densidad del mismo

Con el mismo montaje del manómetro en U se puede demostrar que la presión es mayor al aumentar la densidad del líquido. En el dibujo del margen se observa que al sumergir el manómetro en un líquido más denso, el nivel del líquido coloreado sube.

Conviene aclarar que, aunque la presión no es un vector, en los dibujos la representamos mediante flechas, que indican en qué

dirección actúa y cuyo tamaño nos informa del mayor o menor valor de la misma. Así, en el dibujo del barco los alumnos pueden observar que la presión actúa en todas las direcciones y que es mayor cuanto mayor es la profundidad. En los dibujos de los tanques, pueden observar que la presión es mayor cuando el líquido es más denso y que no depende de que el recipiente sea más ancho o más estrecho, siempre que su profundidad sea la misma.

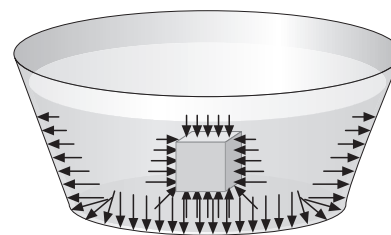
Recordemos que uno de los estándares de aprendizaje evaluables es:

- Justifica razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la profundidad en el seno de la hidrosfera.

Es recomendable utilizar las secciones correspondientes del recurso didáctico *Hidrostatica* recomendado en la sección anterior.

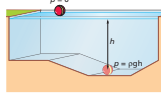
## Soluciones de las actividades

- 12 Dibuja en tu cuaderno las fuerzas que el líquido ejerce sobre las paredes del recipiente y sobre el cuerpo que está sumergido en él.



9

La presión en el interior de un fluido en reposo crece al aumentar la profundidad, medida desde el nivel de la superficie libre del líquido.



Para calcular la presión hidrostática no tenemos en cuenta la presión atmosférica. Consideramos que la pelota no está sometida a ninguna presión,  $p = 0$ , cuando se encuentra en la superficie de la piscina; ni tampoco la sumamos a la presión ejercida por el agua en el fondo de la piscina.

### 3. LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA. PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática es la presión que existe en un punto cualquiera del interior de un líquido y se debe al peso del líquido que hay encima de él.

Para determinar la presión hidrostática en un punto A, debemos imaginar una columna de líquido de altura  $h$  y base  $S$  situada por encima de A. La altura,  $h$ , es la profundidad a la que se encuentra el punto A.

La fuerza que actúa sobre la superficie  $S$  es igual al peso del líquido de la columna:

$$\text{fuerza} = \text{peso del líquido} = m \cdot g$$

Como  $m = V \cdot \rho$  y  $V = S \cdot h$ , entonces:

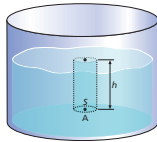
$$\text{peso del líquido} = V \cdot \rho \cdot g = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

Por tanto:

$$\text{presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{superficie}} = \frac{S \cdot h \cdot \rho \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot h$$

La presión hidrostática a cierta profundidad, bajo la superficie libre de un líquido en reposo, es igual al producto de la densidad del líquido por la aceleración de la gravedad y por la profundidad del punto considerado.

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$



#### EJERCICIO RESUELTO

3. Calcula la presión hidrostática que se ejerce sobre el fondo de una bañera en la que el agua alcanza 35 cm de altura. ¿Con qué fuerza se debe tirar del tapón para vaciarla, si este tiene la forma de un círculo de 5 cm de diámetro? Datos:  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

La presión sobre el fondo de la bañera será:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,35 \text{ m} = 3430 \text{ Pa}$$

La fuerza que el agua ejerce sobre el tapón es perpendicular a su superficie, y el valor de su módulo es  $F = p \cdot S$ . Dado que:

$$S = \text{superficie del tapón} = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Entonces:

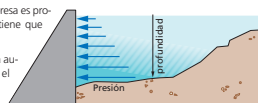
$$F = p \cdot S = 3430 \text{ N/m}^2 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 6,7 \text{ N}$$

La fuerza con la que hay que tirar del tapón,  $F'$ , es opuesta a  $F$ , y su módulo vale 6,7 N.

¿Por qué el espesor de un dique o de una presa aumenta con la profundidad?

El espesor del dique o de la presa es proporcional a la presión que tiene que soportar.

Como la presión hidrostática aumenta con la profundidad, el espesor también lo hace en el mismo sentido.



¿Qué presión hidrostática soporta un buzo sumergido en el mar a 10 m de profundidad? Datos:  $\rho_{\text{agua del mar}} = 1030 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Solución: 100940 Pa

El embalse de la figura 1 es más extenso y contiene más agua que el de la figura 2. ¿Por qué la presa del embalse 2 es más gruesa que la del 1?



212 Física

Fuerzas en los fluidos 213

## 3. La presión hidrostática. Principio fundamental de la hidrostática

Las deducciones cualitativas a las que los alumnos han llegado al estudiar la presión en el interior de un fluido en reposo se expresan ahora de forma cuantitativa en una ecuación matemática, que es la ecuación de la hidrostática.

Los alumnos deben relacionar la presión en el interior de los líquidos con su naturaleza (densidad) y con la profundidad. Conviene repasar el concepto de densidad y sus unidades.

Al realizar actividades numéricas tanto con la ecuación de la presión hidrostática como con la del principio fundamental de la hidrostática, insista en las unidades de las diferentes magnitudes, sobre todo en que la densidad debe estar expresada en  $\text{kg/m}^3$ .

Los alumnos deben comprobar que la ecuación de la hidrostática es homogénea.

¿Por qué el espesor de un dique o de una presa aumenta con la profundidad?

Porque, al aumentar la profundidad, aumenta la presión que debe soportar el dique.

Este es un buen momento para justificar también por qué los submarinos tienen paredes muy gruesas.

Podemos advertir a los alumnos que en los ejercicios estamos calculando la presión hidrostática pero que para calcular la presión total habría que sumar el valor de la presión atmosférica que actúa sobre la superficie libre del líquido. Por ejemplo, pregunte a sus alumnos a qué presión está sometido un submarino cuando está en el interior del agua del mar y cuando está en la superficie.

### 3.1. Principio fundamental de la hidrostática

¿Cómo calculamos la diferencia de presión entre dos puntos en el interior de un líquido?

Imaginemos dos puntos, A y B, en el interior de un líquido y situados a una profundidad  $h_A$  y  $h_B$ , respectivamente, como se puede observar en el dibujo del margen. La presión ejercida en A y en B es:

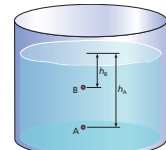
$$p_A = \rho \cdot g \cdot h_A; \quad p_B = \rho \cdot g \cdot h_B$$

La diferencia de presiones entre dos puntos de los planos horizontales que pasan por A y B es:

$$p_A - p_B = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B)$$

Esta es la expresión matemática del principio fundamental de la hidrostática, que se puede enunciar así:

La diferencia de presión entre dos puntos de un líquido homogéneo en equilibrio es igual al producto de la densidad por la gravedad y por la diferencia de altura entre dichos puntos.

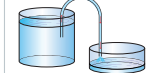


La diferencia de presión entre los puntos A y B es igual al producto de la densidad por la gravedad y por la diferencia de altura entre dichos puntos.

#### Aplicaciones de los vasos comunicantes



Una aplicación de los vasos comunicantes es el abastecimiento de agua a las ciudades.



Otra aplicación es el sifón: un tubo en forma de U invertida con una rama más larga que la otra. Sirve para trasvasar líquido de un recipiente a otro.

#### Ideas claras

La diferencia de presión entre dos puntos de un líquido homogéneo en reposo es el producto de la densidad por la gravedad y por la diferencia de altura entre los puntos.

#### EJERCICIO RESUELTO

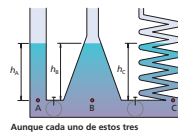
4. ¿Qué diferencia de presión existe entre dos puntos situados, respectivamente, a 1 m y 10 m por debajo del nivel del agua?

La diferencia de presión entre ambos puntos será:

$$p_A - p_B = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B) = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 9 \text{ m} = 88200 \text{ Pa}$$

### 3.2. Vasos comunicantes

Cuando varios recipientes de distintas formas y capacidades, abiertos por su parte superior y comunicados entre sí por su base (vasos comunicantes), se llenan con un líquido, este alcanza la misma altura en todos ellos. Este hecho se denomina «paradoja hidrostática» y resume el principio fundamental de la hidrostática.



Aunque cada uno de estos tres recipientes contiene distinta cantidad de líquido, el fondo de todos ellos soporta la misma presión.

La forma de los recipientes no influye en la altura que alcanza el líquido en cada uno de ellos: todas las superficies libres de los líquidos se encuentran en el mismo plano horizontal.

La presión en los puntos A, B y C es:

$$p_A = \rho \cdot g \cdot h_A; \quad p_B = \rho \cdot g \cdot h_B; \quad p_C = \rho \cdot g \cdot h_C$$

Dado que  $p_A = p_B = p_C$ , entonces  $h_A = h_B = h_C$  han de ser también iguales.

Como la presión solo depende de la altura, el líquido alcanza el mismo nivel en todos los vasos.

15. Calcula la diferencia de presión existente entre dos puntos, A y B, en el interior de un líquido cuya densidad es de  $1500 \text{ kg/m}^3$ , si ambos se hallan, respectivamente, a 10 cm y 30 cm por debajo de la superficie libre del líquido.

Solución: 2940 Pa

16. Justifica, en el dibujo del margen sobre el abastecimiento de agua, por qué el depósito está a mayor altura que los edificios.

## Soluciones de las actividades

13. ¿Qué presión hidrostática soporta un buzo sumergido en el mar a 10 m de profundidad? Datos:  $\rho_{\text{agua del mar}} = 1030 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

La presión hidrostática que soporta el buzo es:

$$p = 1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 100940 \text{ Pa}$$

14. El embalse de la figura 1 es más extenso y contiene más agua que el de la figura 2. ¿Por qué la presa del embalse 2 es más gruesa que la del 1?



Porque el embalse 2 es más profundo y la presión aumenta al aumentar la profundidad del embalse. Se necesita un mayor grosor de hormigón para soportar la mayor presión que existe en el fondo del embalse 2.

### 3.1 Principio fundamental de la hidrostática

¿Cómo calculamos la diferencia de presión entre dos puntos en el interior de un líquido?

El hecho de que la presión sea la misma en todos los puntos de una superficie horizontal nos permite averiguar la diferencia de presión entre dos puntos de un líquido homogéneo, lo cual constituye el principio fundamental de la hidrostática.

Cuando la gravedad es la única fuerza que actúa sobre un líquido contenido en un recipiente abierto, la presión en cualquier punto es directamente proporcional al peso de la columna vertical de dicho líquido situada sobre ese punto. La presión es a su vez proporcional a la profundidad del punto con respecto a la superficie.

Recordemos que uno de los criterios de evaluación de esta unidad es:

- Interpretar fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas en relación con los principios de la hidrostática y resolver problemas aplicando las expresiones matemáticas de los mismos.

Uno de los estándares de aprendizaje vinculado a este criterio es:

- Resuelve problemas relacionados con la presión en el interior de un fluido aplicando el principio fundamental de la hidrostática.

### 3.2 Vasos comunicantes

Antes de que se estableciera el principio de la hidrostática, ya se conocían las características de los vasos comunicantes. Se trata de que los alumnos expliquen el fundamento de los vasos comunicantes y sus aplicaciones. En el mercado existen diferentes modelos de vasos comunicantes para hacer la experiencia en clase. Algunos son similares a los que aparecen en la ilustración de la página 213. Se puede sugerir a los alumnos que describan lo que sucede en las ilustraciones.

Una aplicación importante de los vasos comunicantes es el suministro de agua en las poblaciones, con los depósitos situados en zonas elevadas para que el agua llegue a los pisos al tratar de alcanzar el mismo nivel. El efecto sifón es una aplicación muy útil de los vasos comunicantes y sirve para vaciar una piscina utilizando una manguera como aparece en una de las cuestiones iniciales de esta unidad. Otras de las aplicaciones de los vasos comunicantes es la perforación de los pozos artesianos y el sistema de esclusas, utilizado para hacer navegable un río entre dos zonas entre las que, en principio, el caudal sería insuficiente.

A modo de ampliación, se puede comentar que los fenómenos de capilaridad son una excepción al principio de los vasos comunicantes.

Asimismo y también a modo de ampliación puede comentar que cuando los recipientes de los vasos comunicantes contienen líquidos diferentes no miscibles entre sí y de distinta densidad, la altura que alcanzan en cada recipiente no es la misma. En la prueba de evaluación B se propone una actividad en este sentido.

Recordemos que dos de los estándares de aprendizaje evaluables relacionados con estos contenidos es:

- Explica el abastecimiento de agua potable, el diseño de una presa y las aplicaciones del sifón utilizando el principio fundamental de la hidrostática.
- Comprueba experimentalmente o utilizando aplicaciones virtuales interactivas la relación entre la presión hidrostática y la profundidad en fenómenos como la paradoja hidrostática y el principio de los vasos comunicantes.

#### Actividades de refuerzo: VEINTE MIL LEGUAS DE VIAJE SUBMARINO

### Soluciones de las actividades

- 15) Calcula la diferencia de presión existente entre dos puntos, A y B, en el interior de un líquido cuya densidad es de  $1500 \text{ kg/m}^3$ , si ambos se hallan, respectivamente, a 10 cm y 30 cm por debajo de la superficie libre del líquido.

$$p_B - p_A = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

$$p_B - p_A = 1500 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2940 \text{ Pa}$$

- 16) Justifica, en el dibujo del margen sobre el abastecimiento de agua, por qué el depósito está a mayor altura que los edificios.

El abastecimiento de agua a las ciudades se basa en los vasos comunicantes en los que el líquido alcanza la misma altura en todos los vasos, por lo tanto, el depósito tiene que estar a más altura que el edificio más alto para que el agua pueda llegar con la presión adecuada a los pisos más altos.

9

- La presión es la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie.
- Los líquidos son incompresibles, es decir, no se pueden comprimir.

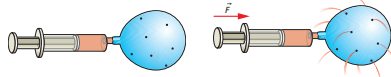


El agua fluye por la tubería a una cierta presión. Si hay algún orificio en ella, el agua sale con la misma presión independientemente de la dirección de los orificios.

#### 4. PRINCIPIO DE PASCAL

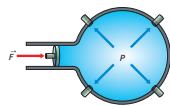
La jeringuilla del dibujo, así como el globo que lleva acoplado, están llenos de agua. ¿Qué sucederá si comprimimos el émbolo?

Al comprimir el émbolo, el agua se expande por igual en todas las direcciones.



En el siglo XVII, el científico francés **B. Pascal** (1623-1662) demostró el siguiente enunciado, que hoy conocemos como **principio de Pascal**:

La presión ejercida en un punto de un líquido incompresible encerrado dentro de un recipiente se transmite por igual a cada punto del líquido y a las paredes del recipiente. La presión se transmite por igual en todas las direcciones.



#### El tonel de Pascal

Pascal realizó en 1646 un curioso experimento para demostrar que lograría romper un barril de madera solo con una jarra de agua. Para ello, ajustó un tubo vertical delgado y de gran longitud, de aproximadamente 10 m, a un barril lleno de agua, y después fue vertiendo, poco a poco, el contenido de la jarra en el tubo.

Antes de que hubiera terminado de echar el agua, el barril reventó ante el asombro de todos los presentes.

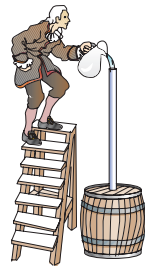
¿Por qué crees que ocurrió esto? ¿Sería debido a la cantidad de agua almacenada en el barril?

La explosión del barril no la causa la cantidad de agua almacenada sino el gran aumento de la presión en su interior, que se produce al elevarse la altura del agua en el tubo y se transmite por igual a todos los puntos del líquido en el interior del barril.

¿Qué aplicaciones tiene el principio de Pascal?

Esta propiedad de los líquidos tiene aplicación en la construcción de las prensas y básculas hidráulicas, en los frenos hidráulicos, en el gato hidráulico, etcétera.

17. Tenemos un tonel lleno de agua. ¿Cómo podemos romperlo utilizando una pequeña cantidad de agua adicional?

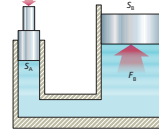


#### 4.1. La prensa hidráulica

Una de las aplicaciones del principio de Pascal es la **prensa hidráulica**. Consiste, básicamente, en dos cilindros de secciones diferentes, unidos por un tubo, que contienen un líquido que alcanza la misma altura en ambos. Dichos cilindros están cerrados por émbolos de tamaño diferente que están en contacto con el líquido.

La presión ejercida en el émbolo pequeño se transmite por igual, sin variación, a todos los puntos del émbolo grande:

$$p_A = p_B; \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$



Así, la fuerza recibida en el émbolo grande es igual a la que se aplica en el émbolo pequeño multiplicada por el cociente de las secciones:

$$F_B = F_A \frac{S_B}{S_A}$$

Cuanto mayor es la diferencia entre las superficies del émbolo grande y del pequeño, más eficaz es la prensa.

#### EJERCICIO RESUELTO

5. Los dos émbolos de una prensa hidráulica miden 1 cm y 10 cm de radio, respectivamente. Sobre el menor se ejerce una fuerza de 500 N. ¿Qué fuerza se origina en el mayor?

El área del émbolo pequeño es:

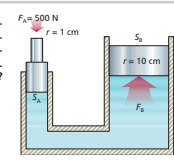
$$S_1 = \pi r_1^2 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

El área del émbolo grande es:

$$S_2 = \pi r_2^2 = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

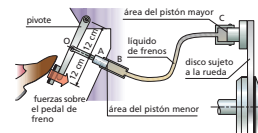
Por tanto:

$$F_B = F_A \frac{S_B}{S_A}; F_B = \frac{500 \text{ N} \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2}{3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 5 \cdot 10^4 \text{ N}$$



#### 4.2. Los frenos hidráulicos

Los frenos hidráulicos son otra de las aplicaciones del principio de Pascal, ya que se basan en la transmisión de la presión a través de los fluidos.



Observa cómo, al pisar el pedal del freno, ejercemos con el pie una fuerza sobre un émbolo de sección pequeña (A) que se mueve dentro de un pistón. Esa fuerza origina una presión en el líquido de frenos que se transmite en todas las direcciones y llega, por tanto, al émbolo de mayor superficie (C), que actuará frenando las ruedas.

18. La superficie del émbolo pequeño de una prensa hidráulica es de 5 cm<sup>2</sup>, y la del émbolo grande, de 50 cm<sup>2</sup>. Calcula la fuerza que actúa sobre este último cuando sobre el pequeño se ejerce una fuerza de 55 N.

Solución: 550 N

19. Los radios de los émbolos de una prensa hidráulica son 10 cm y 50 cm, respectivamente. ¿Qué fuerza se ejercerá sobre el émbolo mayor si sobre el menor actúa una de 300 N?

Solución: 7500 N

20. ¿Qué superficie debe tener el émbolo grande de una prensa hidráulica si cuando en el pequeño (sección = 10 cm<sup>2</sup>) se ejerce una fuerza de 20 N se origina en el grande una fuerza de 2000 N?

Solución: 1000 cm<sup>2</sup>

21. Observa la ilustración del freno. Si la fuerza sobre el pedal es de 50 N, el área del pistón mayor de 0,002 m<sup>2</sup> y la del pistón menor de 0,001 m<sup>2</sup>, calcula:

- La fuerza sobre el pistón A.
- La presión del fluido en B.
- La presión del fluido en C.

#### Ideas claras

El principio de Pascal afirma que la presión en el interior de un líquido se transmite por igual en todas las direcciones.

214 Física

Fuerzas en los fluidos 215

## 4. Principio de Pascal

La jeringuilla del dibujo, así como el globo que lleva acoplado, están llenos de agua. ¿Qué sucederá si comprimimos el émbolo?

Cuando se comprime el émbolo, el agua sale expulsada en todas las direcciones con la misma velocidad.

Esta experiencia es fácil de realizar por los alumnos a modo de experimento casero. También se puede hacer si se llena de agua un globo y se realizan pequeñas perforaciones con una aguja sobre su superficie. Lo importante es que los alumnos observen las direcciones de los chorritos de agua. No hay ninguna dirección privilegiada. La presión se transmite por igual en todas las direcciones, lo que pone de manifiesto que se trata de una magnitud escalar.

Conviene insistir en que los sólidos, los líquidos y los gases se comportan de distinta forma al recibir una presión. Mientras que los sólidos y los líquidos no modifican su volumen al ejercer presión sobre ellos, los gases sí; decimos por ello que los sólidos y los líquidos son **incompresibles**. Se debe recordar a los alumnos que el curso pasado se trató la relación que existe entre la presión de un gas y su volumen, y entre la presión de un gas y la temperatura.

La incompresibilidad de los líquidos se puede poner de manifiesto mediante experiencias muy sencillas que los alumnos pueden realizar en casa. Una de estas experiencias consiste en llenar una jeringuilla con agua y tapar la salida con un dedo e intentar comprimir el agua del interior empujando el émbolo con otro dedo. Se observa que el agua no puede comprimirse como lo haría un gas y que, al quitar el dedo de la salida, el agua sale expulsada. Existen en el mercado diferentes dispositivos didácticos para comprobar el principio de Pascal.

## El tonel de Pascal

¿Por qué crees que ocurrió esto? ¿Sería debido a la cantidad de agua almacenada en el barril?

En el experimento de Pascal quedó demostrado que la presión en el interior de un líquido depende de la profundidad y no de la anchura ni de la forma del recipiente que lo contiene. La columna de agua del interior del tubo ejercía en el barril una presión suficiente para romperlo. Esta experiencia también pone de manifiesto que los líquidos son incompresibles.

### Enlace: PRINCIPIO DE PASCAL

Incluye videos y animaciones, junto a descripción de contenidos.

### Animación: PRINCIPIO DE PASCAL

## Soluciones de las actividades

17. Tenemos un tonel lleno de agua. ¿Cómo podemos romperlo utilizando una pequeña cantidad de agua adicional?

Se puede romper ajustando al barril un tubo vertical delgado y de gran longitud. Si se vierte agua poco a poco en este tubo, el barril se rompe por la presión que ejerce la columna de agua.

## 4.1. La prensa hidráulica

¿Qué aplicaciones tiene el principio de Pascal?

Son muchas las aplicaciones prácticas del principio de Pascal. En el texto sólo describimos la prensa hidráulica y los frenos hidráulicos para que los alumnos sean capaces de explicar su fundamento y su funcionamiento. No obstante, es conveniente que los alumnos busquen información y realicen esquemas sobre otras máquinas hidráulicas, tales como el gato hidráulico, la báscula hidráulica, etcétera.

### Práctica de laboratorio: Prensa Hidráulica

## 4.2 Los frenos hidráulicos

Los frenos hidráulicos se basan en la transmisión de la presión a través de los fluidos. La presión ejercida por el pedal del freno se transmite por el líquido de frenos al pistón, que actúa sobre las zapatas de cada rueda. El pedal de freno amplifica la fuerza aplicada por el pie del conductor.

No olvidemos que dos de los criterios de evaluación de esta unidad son:

- Interpretar fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas en relación con los principios de la hidrostática y resolver problemas aplicando las expresiones matemáticas de los mismos.
- Diseñar y presentar experiencias o dispositivos que ilustren el comportamiento de los fluidos y que pongan de manifiesto los conocimientos adquiridos así como la iniciativa y la imaginación.

Los estándares de aprendizaje evaluables vinculados a estos criterios son:

- Analiza aplicaciones prácticas basadas en el principio de Pascal, como la prensa hidráulica, elevador, dirección y frenos hidráulicos, aplicando la expresión matemática de este principio a la resolución de problemas en contextos prácticos.
- Comprueba experimentalmente o utilizando aplicaciones virtuales interactivas la relación entre presión hidrostática y profundidad en el tonel de Pascal.

Nuevamente, conviene utilizar el recurso *Hidrostática* presentado en secciones anteriores, en lo referente al Principio de Pascal.

### Actividad de refuerzo: EL FRENO HIDRÁULICO

## Soluciones de las actividades

- 18 La superficie del émbolo pequeño de una prensa hidráulica es de  $5\text{ cm}^2$ , y la del émbolo grande, de  $50\text{ cm}^2$ . Calcula la fuerza que actúa sobre este último cuando sobre el pequeño se ejerce una de  $55\text{ N}$ .

La presión se transmite por igual en los dos émbolos:

$$p_A = p_B; \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_a}{S_a} \rightarrow \frac{55\text{ N}}{5\text{ cm}^2} = \frac{F_a}{50\text{ cm}^2}$$

$$F_B = 550\text{ N}$$

- 19 Los radios de los émbolos de una prensa hidráulica son  $10\text{ cm}$  y  $50\text{ cm}$ , respectivamente. ¿Qué fuerza se ejercerá sobre el émbolo mayor si sobre el menor actúa una de  $300\text{ N}$ ?

El área del émbolo pequeño es  $S_A = 3,14 \cdot 10^{-2}\text{ m}^2$ , y el área del émbolo grande es

$$S_B = 3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-2}\text{ m}^2. \text{ Por tanto:}$$

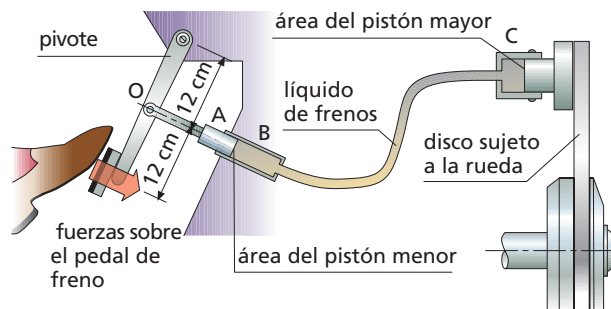
$$F_B / F_A = S_B / S_A; F_B = 300\text{ N} \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-2}\text{ m}^2 / 3,14 \cdot 10^{-2}\text{ m}^2$$

$$F_B = 7500\text{ N}$$

- 20 ¿Qué superficie debe tener el émbolo grande de una prensa hidráulica si cuando en el pequeño (sección =  $10\text{ cm}^2$ ) se ejerce una fuerza de  $20\text{ N}$  se origina en el grande una fuerza de  $2000\text{ N}$ ?

$$S = (2000\text{ N} / 20\text{ N}) \cdot 10\text{ cm}^2 = 10^3\text{ cm}^2$$

- 21 Observa la ilustración del freno. Si la fuerza sobre el pedal es de  $50\text{ N}$ , el área del pistón mayor de  $0,002\text{ m}^2$  y la del pistón menor de  $0,001\text{ m}^2$ , calcula:



- a) La fuerza sobre el pistón A.

Se trata de la fuerza ejercida sobre el pedal,  $F_A = 50\text{ N}$

- b) La presión del fluido en B.

Es la presión ejercida en A:  $p_B = F_A / S_A = 50\text{ N} / 0,001\text{ m}^2 = 50000\text{ Pa}$

- c) La presión del fluido en C.

Es la misma que en B, según el principio de Pascal,  $p_C = 50000\text{ Pa}$

La fuerza ejercida en C sería:  $F_C = p_C \cdot S_C = 50000\text{ Pa} \cdot 0,002\text{ m}^2 = 100\text{ N}$

Siendo rigurosos, la fuerza sobre A no sería la ejercida sobre el pedal, sino que se calcularía aplicando la ley de la palanca, ya que el pedal es una palanca con el brazo de resistencia de la mitad de longitud que el de potencia. Entonces,  $F_A = 2 \cdot 50 = 100\text{ N}$ . A partir de aquí,  $p_B = 100000\text{ Pa}$  y  $F_C = 200\text{ N}$

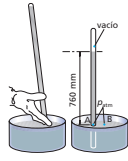
La atmósfera es una mezcla de gases que rodea la Tierra y que ejerce una presión sobre su superficie.

5. LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Si la atmósfera es un fluido, ¿ejerce presión sobre los cuerpos que están en su interior?

La presión que ejerce un gas en los puntos del recipiente que lo contiene es casi la misma, ya que, al ser su densidad pequeña, es necesaria una diferencia de altura muy grande entre dos puntos para que se aprecie una variación de presión. En cambio, esto sí ocurre en la atmósfera.

En 1643, el italiano E. Torricelli realizó un experimento que demostraba la existencia de la presión atmosférica y, además, permitía medirla. Torricelli llenó de mercurio un tubo delgado de vidrio de 1 m de longitud, aproximadamente, y 1 cm<sup>2</sup> de sección, cerrado por uno de sus extremos.



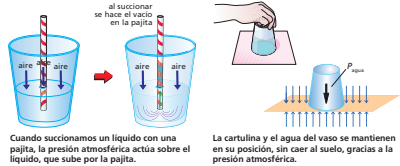
Tapó el orificio del extremo libre con un dedo e introdujo el tubo boca abajo en una cubeta llena, también, de mercurio. Cuando retiró el dedo, el nivel del mercurio descendió hasta quedar a una altura de 760 mm por encima de la superficie del mercurio de la cubeta. En el extremo superior del tubo quedó un vacío.

Esta experiencia pone de manifiesto que:

- La presión atmosférica actúa sobre la superficie libre del mercurio, pues el nivel alcanzado siempre la misma altura.
- La presión atmosférica «sostiene» la columna contenida dentro del tubo e impide que baje más.
- La presión en el punto A (a 760 mm de profundidad en la columna de mercurio) y en el B (en la superficie libre) son idénticas.

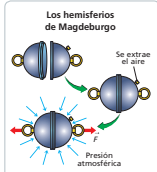
La presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm de altura se denomina **presión atmosférica normal**, y para medirla se utiliza la unidad denominada atmósfera (atm), unidad que equivale a 1,013 · 10<sup>5</sup> Pa.  
1 atm → 760 mmHg → 1,013 · 10<sup>5</sup> Pa

¿Conoces otros experimentos que pongan de manifiesto la existencia de la presión atmosférica?



Cuando succionamos un líquido con una pajita, la presión atmosférica actúa sobre el líquido, que sube por la pajita. La cartulina y el agua del vaso se mantienen en su posición, sin caer al suelo, gracias a la presión atmosférica.

- La presión del aire en el interior de un neumático es de 1,25 atm. Exprésala en milímetros de mercurio y en pascales.
- Justifica si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: «En el experimento de Torricelli, la altura alcanzada por la columna de mercurio depende de la sección del tubo».



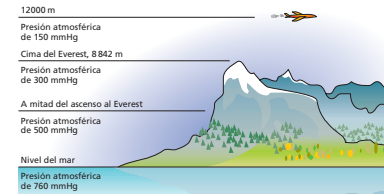
Los hemisferios de Magdeburgo. Cuando se hace el vacío en el interior de los dos hemisferios unidos con grasa, es imposible separarlos debido a la presión atmosférica que actúa sobre ellos. Busca información acerca de la experiencia realizada por Otto von Guericke (1602-1682) en Magdeburgo y redacta un informe científico sobre ella.



Un ser humano con una superficie media de 1,5 m<sup>2</sup> soporta, debido a la atmósfera, un peso de 15 toneladas. ¿Qué fuerza ejerce la atmósfera sobre una niña si su superficie es de, aproximadamente, 1,25 m<sup>2</sup>?

5.1. Relación de la presión atmosférica y la altitud

La altura alcanzada por el mercurio en el experimento de Torricelli no depende de la longitud del tubo, pero sí de la altitud del lugar en el que se realiza el experimento. A medida que ascendemos, la presión atmosférica es menor y, por tanto, la longitud de la columna de mercurio disminuye, como se muestra en la siguiente ilustración.



Observa que, a medida que se gana altura, hay que subir más metros para conseguir una determinada variación de presión. Así, por ejemplo, estando al nivel del mar, hay que subir unos 10 m para que la presión baje 1 mmHg; y a 5 000 m hay que subir 25 m para obtener la misma variación.

5.2. Instrumentos para medir la presión en los gases

Una de las utilidades de la variación de la presión con la profundidad o la altura es la construcción de instrumentos para medir la presión en el interior de los gases.

5.2.1. Barómetros

La presión atmosférica se mide con un **barómetro**. Existen varios tipos: de cubeta, de sifón y aneroides, que puedes observar en el margen.

5.2.2. Manómetros

Para medir la presión del gas contenido en un recipiente se utiliza un **manómetro**. Los más sencillos son los abiertos, que consisten en un tubo en forma de U con cierta cantidad de líquido en su interior.

Una de las ramas se pone en comunicación con el recipiente donde se encuentra el gas cuya presión se quiere medir. La presión del gas es igual a la atmosférica, a la que se suma la presión que indique la escala, si el nivel de la rama abierta es mayor; si es menor, se le resta.

$$P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{escala}}$$

$$P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} + 120 \text{ mmHg}$$

$$\text{Como } P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{escala}} = P_{\text{atm}} + 120 \text{ mmHg}$$

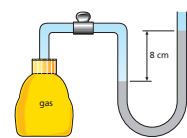
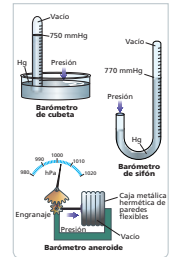
$$\text{Si } P_{\text{atm}} = 760 \text{ mmHg, entonces:}$$

$$P_{\text{gas}} = 760 \text{ mmHg} + 120 \text{ mmHg} = 880 \text{ mmHg}$$

Medimos con un manómetro la presión de un gas encerrado en un recipiente. La diferencia entre las dos ramas es 8 cm. Calcula la presión del gas si la presión atmosférica es de 760 mmHg.

¿Por qué están selladas y presurizadas las cabinas de los aviones?

Tipos de barómetros



5. La presión atmosférica

Si la atmósfera es un fluido, ¿ejerce presión sobre los cuerpos que están en su interior?

La presión en los gases y la presión atmosférica son conceptos que ya han sido tratados en cursos anteriores por lo que los alumnos responderán afirmativamente a esta cuestión.

Las partículas de un gas encerrado en un recinto se mueven en todas las direcciones, chocando entre ellas y con las paredes del recipiente. Esto hace que el recipiente, si es elástico como un globo, se expanda. Si el gas no está encerrado en un recipiente, sus partículas se alejan unas de otras.

Un caso especial es el aire libre que forma la atmósfera. El aire atmosférico no está encerrado en un recipiente, pero sí está confinado alrededor de la Tierra, retenido por la fuerza de la gravedad que hemos estudiado en la UNIDAD 8.

Vivimos sumergidos en un océano de aire. Por ello, nuestro cuerpo está sometido a una presión, que llamamos presión atmosférica. El valor de la presión en un punto depende del peso de la columna de aire situada por encima de dicho punto. A nivel del mar, nuestro cuerpo recibe una presión de 101 325 Pa, equivalente a un peso de aire de alrededor de 10 N por cada cm<sup>2</sup> de nuestra piel.

Uno de los aspectos más importantes del experimento de Torricelli fue el descubrimiento del "vacío" que queda por encima de la columna de mercurio.

¿Conoces otros experimentos que pongan de manifiesto la existencia de la presión atmosférica?

Los alumnos deben ser capaces de describir experiencias que pongan de manifiesto la existencia de la presión atmosférica. Por ejemplo al invertir un vaso lleno de agua y tapado con un papel o una cartulina no caen ni el agua ni el papel porque lo impide la presión atmosférica exterior.

Otro ejemplo es que podemos succionar un refresco utilizando una pajita porque al aspirar por la pajita se saca el aire de esta y esto hace que la presión dentro de la pajita sea menor que la presión exterior. La presión atmosférica presiona sobre la superficie libre del refresco y empuja el líquido por la pajita para volver a equilibrar la presión.

Es el momento de que los alumnos realicen el Experimento de la Tarea de Investigación.

Otto von Guericke realizó la célebre experiencia, que se menciona en la actividad 22, en 1654. Unió dos hemisferios de cobre de modo que ajustasen bien pero si sujetarlos. Extrajo después el aire del interior. Enganchó después en las anillas que llevaba cada hemisferio hasta 16 caballos que tiraban en sentidos contrarios, intentando separar los hemisferios, sin conseguirlo. Bastó, sin embargo, que Otto von Guericke abriese una llave que permitiera la entrada de aire en la esfera para que los hemisferios se separasen sin esfuerzo.

Recordemos que uno de los estándares de aprendizaje evaluables asociados a estos contenidos es:

- Interpreta el papel de la presión atmosférica en experiencias como el experimento de Torricelli, los hemisferios de Magdeburgo, recipientes invertidos donde no se derrama el líquido, etc., infiriendo su elevado valor.

## Soluciones de las actividades

- 22 Cuando se hace el vacío en el interior de los dos hemisferios unidos con grasa, es imposible separarlos debido a la presión atmosférica que actúa sobre ellos. Busca información acerca de la experiencia realizada por Otto von Guericke (1602-1682) en Magdeburgo y redacta un informe científico sobre ella.

Respuesta libre.

- 23 Un ser humano con una superficie media de  $1,5\text{ m}^2$  soporta, debido a la atmósfera, un peso de 15 toneladas. ¿Qué fuerza ejerce la atmósfera sobre una niña si su superficie es de, aproximadamente,  $1,25\text{ m}^2$ ?

$$F = p \cdot S = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 1,25 \text{ m}^2 = 126625 \text{ N}$$

- 24 La presión del aire en el interior de un neumático es de  $1,25\text{ atm}$ . Exprésala en milímetros de mercurio y en pascales.

$$1,25 \text{ atm} \rightarrow 1,25 \text{ atm} \cdot 760 \text{ mmHg/atm} = 950 \text{ mmHg}$$

$$1,25 \text{ atm} \rightarrow 1,25 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa/atm} = 126625 \text{ Pa}$$

- 25 Justifica si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: «En el experimento de Torricelli, la altura alcanzada por la columna de mercurio depende de la sección del tubo».

La afirmación es falsa: la altura alcanzada por la columna de mercurio en el experimento de Torricelli no depende de la sección del tubo.

### 5.1 Relación de la presión atmosférica y la altitud

Los altímetros se basan en la disminución de la presión atmosférica con la altitud. Un altímetro es un dispositivo mecánico que se utiliza en las aeronaves para medir la altura a la que se encuentran con respecto a la superficie de la tierra. Antes de la invención de los altímetros se utilizaban los barómetros para averiguar la altura de una montaña. Se puede comentar a los alumnos que los exploradores británicos que trataron de descubrir las fuentes del Nilo se valieron de barómetros para tratar de comprobar si efectivamente se encontraban en la cota más alta. Cuando el barómetro se les rompió, se valieron de un termómetro con el que determinaron el punto de ebullición del agua. La descripción de estos hechos se puede encontrar en el texto *Las montañas de la Luna: en busca de las fuentes del Nilo* de R. F. Burton (Ediciones Valdemar).

Es el momento adecuado para que los alumnos realicen el *Lee y Comprende la Ciencia*.

Recordemos que uno de los estándares de aprendizaje evaluables relacionado con estos contenidos es:

- Justifica razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la altura en el seno de la atmósfera.

### 5.2 Instrumentos para medir la presión en los gases

Se debe insistir en que los barómetros miden la presión atmosférica, mientras que los manómetros miden la presión de un gas encerrado en un recipiente. Es posible que los alumnos hayan

observado alguno de los barómetros que existen en el mercado y en los que se asocia la presión atmosférica al tiempo meteorológico.

Aparte de los manómetros abiertos, existen también los manómetros cerrados, que se utilizan para medir presiones mayores que la atmosférica. Estos manómetros tienen una rama cerrada que contiene aire comprimido encima del líquido. Al conectar la rama abierta con el recipiente donde se encuentra el gas, el volumen del aire encerrado en la rama disminuye. Por lo general, la rama cerrada está graduada para medir directamente la presión del gas.

En los manómetros metálicos que se utilizan en la industria, el gas actúa sobre una lámina delgada, cuya deformación provoca el movimiento de una aguja sobre una escala graduada.

Para medir la presión de los neumáticos de un coche se conecta el manómetro a la válvula del neumático, el aire interior empuja a un émbolo unido a un dispositivo elástico, y este hace girar una aguja que indica la presión sobre una escala graduada.

Conviene recordar a los alumnos que las unidades que se emplean habitualmente en las escalas de los barómetros de mercurio son milibares (mbar) y milímetros de mercurio (mmHg), que son también las unidades más utilizadas en meteorología. Las equivalencias entre ellas son:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}; 1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}; 1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$$

Un milibar tiene el mismo valor que un hectopascal, por eso las medidas en ambas unidades son intercambiables.

No olvidemos que uno de los estándares de aprendizaje evaluables vinculados a estos contenidos es:

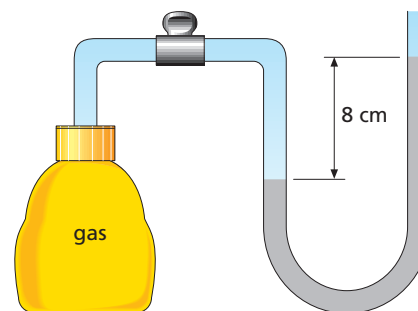
- Describe el funcionamiento básico de barómetros y manómetros justificando su utilidad en diversas aplicaciones prácticas.

## Soluciones de las actividades

- 26 ¿Por qué están selladas y presurizadas las cabinas de los aviones?

Porque en la altura a la que se mueven los aviones la presión atmosférica es muy baja. Las personas dentro del avión necesitan mantener una presión igual a la atmosférica para estar bien, es decir, la cabina debe permitir mantener en su interior una presión muy superior a la que hay en el exterior.

- 27 Medimos con un manómetro la presión de un gas encerrado en un recipiente. La diferencia entre las dos ramas es 8 cm. Calcula la presión del gas si la presión atmosférica es de 760 mmHg.



$$p_{\text{gas}} = 760 \text{ mmHg} + 80 \text{ mmHg} = 840 \text{ mmHg}$$



5.3. Previsión del tiempo: borrascas y anticiclones

En meteorología se utilizan frecuentemente como unidades de presión atmosférica el milibar, mb, y el hectopascal, hPa. Ambos tienen un valor equivalente. A nivel del mar, el valor promedio de la presión es de unos 1 013 mb, por lo que las presiones superiores e inferiores a él se denominan, respectivamente, altas y bajas.

¿Qué es un mapa meteorológico y qué información aporta?

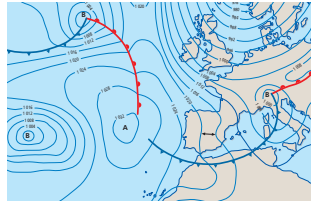
5.3.1. Los mapas meteorológicos

Un mapa meteorológico es un mapa al que se trasladan los valores de la presión atmosférica, medida simultáneamente en multitud de estaciones meteorológicas. Estos mapas se utilizan en la previsión del tiempo climático.

28 Observa la medida de este barómetro. ¿Existe una borrasca o un anticiclón sobre esta zona?



Copia este dibujo en tu cuaderno y completa los valores que podría tener la presión en cada una de las isobaras.



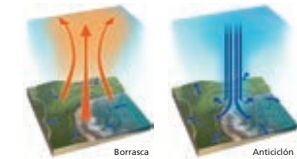
Fuente: J. Marin Voz, Interpretación de los mapas del tiempo, Barcelona, Ketres, 1984. (Adaptación).

Las líneas que unen los puntos de igual presión se llaman **isobaras**. En los mapas meteorológicos se suelen trazar con un intervalo de 4 mb. Observa su distribución en el dibujo: existen zonas, llamadas **anticiclones**, en las que la presión es alta, y otras, que se conocen como **borrascas**, donde es baja.

Las isobaras que corresponden a los anticiclones tienen forma regular y se indican en los mapas con una A. Las de las borrascas se cierran alrededor de las bajas presiones, suelen ser muy irregulares, al presentar cambios bruscos de curvatura, y se señalan en los mapas con una B.

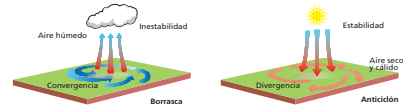
5.3.2. Formación de borrascas y anticiclones

La formación de borrascas y anticiclones se debe a la desigual temperatura de la atmósfera. Así, si el aire está caliente, se dilata y asciende dejando debajo de sí una zona de baja presión. Si está frío es más denso, por lo que desciende y crea zonas de altas presiones. Los anticiclones y las borrascas no permanecen inmóviles, sino que se desplazan y cambian de forma.



5.3.3. El tiempo meteorológico

¿Qué relación hay entre las borrascas y los anticiclones y el tiempo meteorológico?



En una zona donde la presión es baja, una **borrasca** atraerá el aire de las regiones próximas en las que es más alta. Sin embargo, debido a la desviación causada por la rotación de la Tierra, el aire circulará alrededor del centro de bajas presiones en el sentido antihorario en el hemisferio norte y en el horario en el sur.

En las zonas de borrasca, donde convergen y contactan masas de aire de origen diverso, tendremos, por lo general, **tiempo meteorológico inestable**. Un descenso continuado del barómetro anuncia la llegada de una borrasca y, por tanto, el empeoramiento del tiempo.

Alrededor de un área de altas presiones o **anticiclón** el aire se desplazará hacia las zonas de presión inferior girando, en el hemisferio norte, en el sentido de las agujas del reloj. Como las corrientes de aire son divergentes no se produce contacto entre masas de aire heterogéneas y, por consiguiente, el **tiempo es estable y bueno**.

De lo anterior se deduce que el aire se desplaza desde las zonas de alta presión hasta las de baja presión, originando las **corrientes de vientos**.

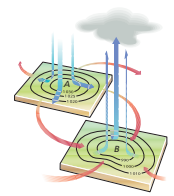
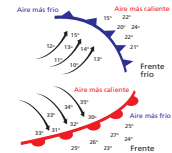
5.3.4. Frentes fríos y cálidos

El estado físico de la atmósfera se determina midiendo diferentes variables, como la presión, temperatura, humedad, etc., en diversos puntos, tanto en superficie como en altura. Así, se distingue entre **masas de aire frío**, cuya temperatura es inferior a la de la superficie sobre la que avanza, y **masas de aire caliente**, cuya temperatura es superior a la de la superficie sobre la que se desplazan.

Una **superficie frontal** es la región atmosférica de separación entre dos masas de aire con distintas características. Su intersección con la superficie terrestre constituye un frente. Distingamos entre frentes fríos y cálidos:

En un **frente frío**, el aire frío obliga al caliente a elevarse por delante del frente, lo que produce nubes y rachas de lluvia. En un mapa meteorológico se representa por una **línea de triángulos** cuyos bases se apoyan en esa línea y cuyos vértices señalan el sentido del avance del frente.

Un **frente cálido** es la parte frontal de una masa de aire tibio que avanza para reemplazar a otra de aire frío que retrocede. Se representa por una **línea con semicírculos** que apuntan en el sentido del avance del frente.



**Ideas claras**

- La presión que ejerce una columna de mercurio de 760 mm de altura es la **presión atmosférica normal**. Su unidad es la atmósfera, atm, que equivale a 1,013 · 10<sup>5</sup> Pa.
- La presión atmosférica se mide con un gas en un recipiente con un manómetro.
- En meteorología se utilizan el milibar, mb, y el hectopascal, hPa: 1 mb = 1 hPa.
- El movimiento de las masas atmosféricas que poseen distintas presiones y temperaturas, como las **borrascas** y los **anticiclones**, permite entender la evolución del **tiempo meteorológico**.

5.3 Previsión del tiempo: borrascas y anticiclones

La meteorología es la ciencia que estudia la atmósfera y los fenómenos tales como el viento, la lluvia, la nieve, etc. Conviene que los alumnos repasen contenidos como la composición y la estructura de la atmósfera. El tiempo atmosférico es el estado de la atmósfera en un instante dado, caracterizado por la temperatura, la presión y la humedad del aire, junto con la velocidad del viento. La climatología estudia el tiempo atmosférico.

5.3.1. Los mapas meteorológicos

¿Qué es un mapa meteorológico y qué información aporta?

Los mapas meteorológicos más conocidos como "mapas del tiempo" son la representación gráfica de las condiciones meteorológicas de una zona del planeta en un momento determinado y se basan en la representación de los cambios horizontales de presión debido al desigual calentamiento de la superficie terrestre. Los datos que en ellos aparecen han sido tomados por los satélites meteorológicos y las estaciones meteorológicas, como se describe en el vídeo inicial de la unidad.

Aportan información sobre el tiempo atmosférico para fechas inmediatas.

La presión atmosférica en las isobaras se expresa en mb o en hPa.

Conviene trabajar con mapas meteorológicos en los que no estén dibujados ni las borrascas, ni los anticiclones sino solo los valores de la presión en las isobaras.

En esta página web se puede comentar un mapa meteorológico y distinguir entre la formación de una borrasca y la de un anticiclón.

Enlace: MAPAS DEL TIEMPO

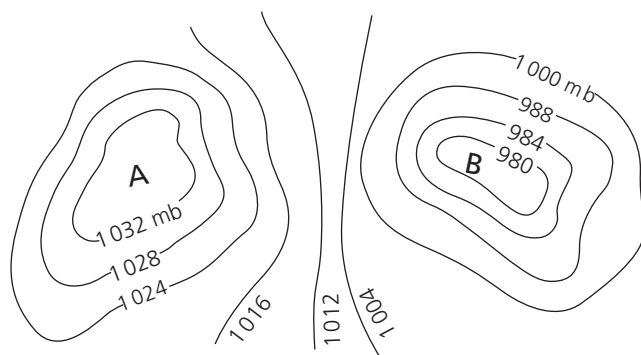
Soluciones de las actividades

28 Observa la medida de este barómetro. ¿Existe una borrasca o un anticiclón sobre esta zona?



En esta zona existe una borrasca porque el barómetro marca una presión inferior a 760 mmHg.

- 29 Copia este dibujo en tu cuaderno y completa los valores que podría tener la presión en cada una de las isobaras.



Respuesta libre. En el anticiclón la presión es mayor a medida que nos acercamos hacia el centro (A) y en la borrasca la presión es menor a medida que nos acercamos hacia el centro (B).

### 5.3.3 El tiempo meteorológico

- ¿Qué relación hay entre las borrascas y los anticiclones y el tiempo meteorológico?

Se trata de qué los alumnos sean capaces de interpretar un mapa meteorológico y deducir el tiempo meteorológico a partir de la información que aportan.

Es recomendable repasar el concepto de corriente de convección, relacionado con el hecho de que el aire caliente pesa menos que el aire frío, por lo que este desciende mientras aquel asciende. Al mismo tiempo el aire se desplaza desde las zonas de altas presiones a las zonas de bajas presiones.

Conviene insistir en que el aire circula en el hemisferio norte en sentido antihorario en las borrascas y en sentido horario en los anticiclones.

### 5.3.4. Frentes fríos y cálidos

Los alumnos deben saber distinguir e identificar en un mapa meteorológico los frentes fríos y cálidos.

Los contenidos de este epígrafe se completan con el *Investiga* y *Elabora* de la Tarea de Investigación: *Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo*

Recordemos que el criterio de evaluación asociado a estos contenidos es:

- Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos y a la interpretación de mapas del tiempo, reconociendo términos y símbolos específicos de la meteorología.

Los estándares de aprendizaje evaluables vinculados a este criterio son:

- Relaciona los fenómenos atmosféricos del viento y la formación de frentes con la diferencia de presiones atmosféricas entre distintas zonas.
- Interpreta los mapas de isobaras que se muestran en el pronóstico del tiempo indicando el significado de la simbología y los datos que aparecen en los mismos.

Vídeos: **INTERPRETACIÓN DE UN MAPA DEL TIEMPO  
FRENTES FRÍOS Y CÁLIDOS**

Comprensión lectora:  
**EL PRIMER BARÓMETRO  
CLIMA Y CONTAMINACIÓN**

Actividades de refuerzo:  
**EXPERIENCIAS PARA PONER DE MANIFIESTO  
LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA  
COMPRESIBILIDAD DE LOS GASES**

Actividad de ampliación:  
**LOS HEMISFERIOS DE MAGDEBURGO**

## Soluciones de las actividades

- 30 Razona la veracidad o la falsedad de los enunciados siguientes:

- a) En una masa de aire caliente la temperatura es superior a la de la superficie sobre la que se desplaza.

Verdadero.

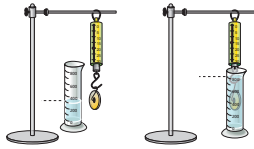
- b) Un descenso continuado del barómetro señala la llegada de un anticiclón y, por tanto, un empeoramiento del tiempo.

Falso. Un descenso continuado del barómetro señala la llegada de una borrasca y, por tanto, un empeoramiento del tiempo.

La fuerza ejercida por un líquido sobre una superficie es perpendicular a dicha superficie.

6. FUERZAS DE EMPUJE. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

¿Por qué un bañista no puede hundirse en el mar Muerto?



La experiencia diaria nos enseña que, cuando sumergimos un cuerpo en un fluido (líquido o gas), el peso de este cuerpo parece disminuir. Vamos a comprobar si esto es cierto mediante la experiencia que se describe a continuación:

- Colgamos un cuerpo de un dinamómetro y anotamos su peso: 20 N
  - Vertemos agua en una probeta y medimos su volumen: 300 cm<sup>3</sup>
  - Sumergimos completamente el cuerpo colgado del dinamómetro en el agua de la probeta y anotamos su peso: 15 N
  - Medimos de nuevo el nivel del agua en la probeta: 810 cm<sup>3</sup>
- La diferencia entre el peso del cuerpo fuera y dentro del agua es igual al peso del líquido desalojado.

¿Cómo varía el peso del cuerpo al sumergirlo en el agua? ¿Qué sucede con el volumen del agua cuando sumergimos el cuerpo en la probeta? ¿Crees que hay alguna relación entre la variación del peso del cuerpo y la variación del volumen del agua?

Observamos que la diferencia entre el peso del cuerpo fuera y dentro del agua es igual al peso del volumen de líquido desalojado:

$$20 \text{ N} - 15 \text{ N} = 5 \text{ N}, \quad (810 - 300) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 5 \text{ N}$$

Esto se debe a que sobre el cuerpo situado en el interior del fluido actúa una nueva fuerza: la fuerza de empuje. El griego Arquímedes (287-212 a. C.) observó que:

- Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje dirigido hacia arriba.
- El empuje que recibe un cuerpo es igual al peso del volumen del líquido que desaloja.
- El empuje no depende del material del que esté fabricado el cuerpo que se introduce en el agua, sino del volumen del mismo.

Estos hechos se resumen en el principio de Arquímedes:

Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta una fuerza de empuje vertical hacia arriba de igual valor que el peso del volumen del fluido desalojado.

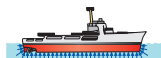
¿Cómo dibujamos la fuerza de empuje?

6.1. La fuerza de empuje

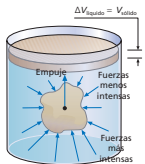
Cuando sumergimos un cuerpo en un fluido, este ejerce fuerzas perpendiculares sobre las superficies de dicho cuerpo. Las fuerzas que el fluido ejerce en la superficie lateral del bloque son iguales entre sí y, por tanto, se anulan, pero las que ejerce sobre la base del bloque son más intensas que las que actúan sobre la parte superior. Esto significa que hay una fuerza resultante dirigida hacia arriba que empuja el cuerpo en ese sentido. Esa resultante recibe el nombre de fuerza de empuje, E. Su línea de acción pasa por el centro de empuje, es decir, por el centro de gravedad del fluido desalojado.

Justifica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- La línea de acción de la fuerza de empuje pasa por el centro de gravedad del cuerpo sumergido en un fluido.
- Dos cuerpos distintos del mismo volumen sumergidos en un mismo líquido reciben la misma fuerza de empuje.



Flotación de un barco. Los barcos son muy pesados y, sin embargo, flotan fácilmente. Su peso es soportado por la fuerza de empuje que ejerce hacia arriba el agua que está alrededor de él.



6.2. Aspectos cuantitativos del principio de Arquímedes

¿Qué relación existe entre el peso del cuerpo en el aire, su peso en el agua y el volumen de líquido desalojado? ¿Cómo se puede calcular el valor del empuje que experimenta un cuerpo sumergido en un fluido?

Tras realizar la experiencia de la página anterior, hemos obtenido estos resultados:

Peso en el aire (P)	Peso en el agua (P')	Empuje E = P - P'	Volumen inicial	Volumen final	Volumen desalojado
20 N	15 N	5 N	300 cm <sup>3</sup>	810 cm <sup>3</sup>	510 cm <sup>3</sup>

Así pues, el empuje que experimenta el cuerpo sumergido es igual a la diferencia entre su peso en el aire, P y su peso en el agua (peso aparente), P':

$$E = P - P'$$

Según el principio de Arquímedes:

$$\text{empuje} = \text{peso del fluido desalojado}; E = m_{\text{desaloj}} \cdot g$$

donde m es la masa del líquido desalojado, que podemos obtener de la expresión de la densidad. En el caso de que el fluido sea un líquido:

$$P_{\text{desaloj}} = \frac{m_{\text{desaloj}}}{V_{\text{desaloj}}} \rightarrow m_{\text{desaloj}} = V_{\text{desaloj}} \cdot \rho_{\text{desaloj}}$$

Luego:

$$E = V_{\text{desaloj}} \cdot \rho_{\text{desaloj}} \cdot g$$

Efectivamente, si sustituimos los datos de nuestra experiencia comprobamos que:

$$E = P - P' = 5 \text{ N}; \quad E = V_{\text{desaloj}} \cdot \rho_{\text{desaloj}} \cdot g = 510 \cdot 10^{-6} \cdot 9,8 \cdot 1000 = 5 \text{ N}$$

El volumen del líquido desalojado depende del volumen del sólido, V<sub>desaloj</sub> = V<sub>sólido</sub>.

La expresión del empuje puede escribirse así:

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{desaloj}} \cdot g$$

Y teniendo en cuenta que podemos expresar el peso del cuerpo de la misma forma:

$$P = V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{sólido}} \cdot g$$

$$P_s = P - E = V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{sólido}} \cdot g - V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{desaloj}} \cdot g$$

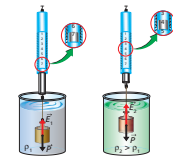
El peso aparente del cuerpo se puede calcular mediante la expresión:

$$P_s = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot (\rho_{\text{sólido}} - \rho_{\text{desaloj}})$$

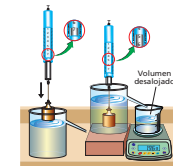
El principio de Arquímedes es válido para todos los fluidos, tanto líquidos como gases, y se puede aplicar si el cuerpo está totalmente sumergido en el fluido o si solo lo está en parte.

✓ EJERCICIO RESUELTO

6. Una pieza de aleación pesa 400 N y ocupa un volumen de 5 dm<sup>3</sup>.
- Halla la fuerza de empuje que experimenta si se sumerge en un líquido de densidad 837 kg/m<sup>3</sup>.  
 $E = V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{desaloj}} \cdot g = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 837 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 41 \text{ N}$
  - ¿Cuál es su peso cuando está sumergida en este líquido?  
 El peso aparente de esta pieza es:  
 $P_s = P - E = 400 \text{ N} - 41 \text{ N} = 359 \text{ N}$



El empuje que experimenta un cuerpo sumergido en un fluido es mayor cuanto mayor es la densidad del fluido.



El volumen del fluido desalojado es igual al volumen del sólido.

- Una piedra pesa 300 N en el aire y 280 N sumergida en el agua. ¿Cuál es el volumen de la piedra?  
 Datos:  $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$   
 Solución: 2,04 dm<sup>3</sup>
- Un cuerpo de 300 g y 20 cm<sup>3</sup> se sumerge en agua.
  - ¿Cuál es su peso?
  - ¿Qué fuerza de empuje experimenta al sumergirse?
  - ¿Cuál es su peso cuando está sumergido?
 Solución: c) 2,74 N

6. Fuerzas de empuje: principio de Arquímedes

¿Por qué un bañista no puede hundirse en el mar Muerto?

Esta cuestión ya ha surgido en las páginas iniciales y, aunque los alumnos saben que es debido a la alta densidad del agua de este lugar, es ahora cuando tendrán la respuesta completa.

Se puede comentar que Arquímedes fue uno de los mejores ingenieros e inventores de la antigua Grecia. Fue el primero en estudiar de una forma científica las máquinas sencillas y usó sus conocimientos para construir otras máquinas. Su nombre va asociado al principio que lleva su nombre y al tornillo elevador de agua.

Se debe recordar a los alumnos que en cursos pasados averiguábamos el volumen de un sólido irregular midiendo el volumen de líquido que desplazaba al introducirlo en una probeta.

¿Cómo varía el peso del cuerpo al sumergirlo en el agua? ¿Qué sucede con el volumen del agua cuando sumergimos el cuerpo en la probeta? ¿Crees que hay alguna relación entre la variación del peso del cuerpo y la variación del volumen del agua?

Como se observa en los dibujos al margen, el peso del cuerpo disminuye al sumergirlo en el agua. Al mismo tiempo, al sumergir el cuerpo en la probeta, el volumen de líquido aumenta. Existe una relación entre la variación del peso del cuerpo fuera y dentro de la probeta y la variación del volumen de agua. Esto último lo comprobarán los alumnos comparando la diferencia entre el peso del cuerpo fuera y dentro del agua con el peso del volumen de líquido desalojado.

6.1. La fuerza de empuje

Son numerosas las experiencias cualitativas que ponen de manifiesto las fuerzas de empuje y el principio de Arquímedes. Si se pone un

trozo de madera en el fondo de una vasija vacía, queda en el fondo, pero si se echa agua, la madera sube verticalmente. Debe actuar sobre ella una fuerza que la empuja hacia arriba venciendo su peso.

Conviene que los alumnos dibujen las fuerzas perpendiculares a la superficie de un cuerpo sumergido en un fluido. Así comprenderán mejor que las que actúan sobre la parte inferior son mayores que las que actúan sobre la parte superior y, por tanto, existe una resultante que es la fuerza de empuje.

¿Cómo dibujamos la fuerza de empuje?

Conviene insistir en que la fuerza de empuje está aplicada en el centro de gravedad del fluido desalojado, punto que recibe el nombre de centro de empuje.

Animación: PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

Soluciones de las actividades

31 Justifica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- La línea de acción de la fuerza de empuje pasa por el centro de gravedad del cuerpo sumergido en un fluido.  
Verdadero.
- Dos cuerpos distintos del mismo volumen sumergidos en un mismo líquido reciben la misma fuerza de empuje.  
Verdadero.

## 6.2. Aspectos cuantitativos del principio de Arquímedes

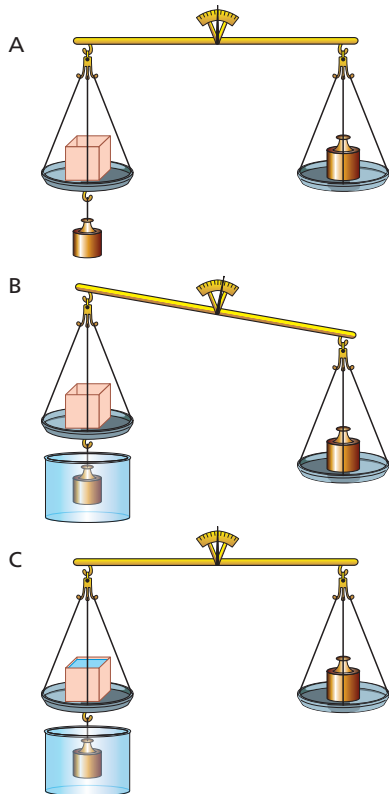
- ¿Qué relación existe entre el peso del cuerpo en el aire, su peso en el agua y el volumen de líquido desalojado?
- ¿Cómo se puede calcular el valor del empuje que experimenta un cuerpo sumergido en un fluido?

Muchos alumnos presentan dificultades a la hora de resolver los problemas relacionados con el principio de Arquímedes. Por lo que debemos procurar que tengan una serie de ideas claras:

- Si el cuerpo está totalmente sumergido el volumen del líquido desalojado es igual al volumen del sólido;  $V_{\text{líquido}} = V_{\text{sólido}}$ .
- El empuje es el peso del volumen de fluido desalojado;  $E = V_{\text{líquido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{líquido}} = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{líquido}}$ .
- El peso real del cuerpo es:  $P = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{sólido}}$ .
- El peso aparente es la diferencia entre el peso real y el empuje:  $P_a = V_{\text{sólido}} \cdot g (\rho_{\text{sólido}} - \rho_{\text{líquido}})$ .

En el mercado existen diferentes dispositivos que facilitan la comprobación del principio de Arquímedes, como las balanzas hidrostáticas.

El siguiente montaje experimental ilustra muy bien las fuerzas de empuje y el principio de Arquímedes. En la figura A la balanza está equilibrada; en la figura B la balanza se desequilibra porque el peso sumergido experimenta un empuje hacia arriba; en la figura C la balanza se equilibra de nuevo porque el empuje es igual al peso del volumen de fluido desalojado.



Es el momento oportuno para realizar las Técnicas de Trabajo y Experimentación: *Comprobación del principio de Arquímedes*

El recurso didáctico *Hidrostatica* presentado anteriormente incluye también material sobre el principio de Arquímedes.

## Soluciones de las actividades

- 32) Una piedra pesa 300.N en el aire y 280N sumergida en el agua. ¿Cuál es el volumen de la piedra? Dato:  $\rho_{\text{líquido}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$E = P - P_a = 300 - 280 = 20 \text{ N}$$

$$V_{\text{piedra}} = E / \rho_{\text{líquido}} \cdot g = 20 / 1000 \cdot 9,8 = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

- 33) Un cuerpo de 300 g y 20 cm<sup>3</sup> se sumerge en agua.

- a) ¿Cuál es su peso?

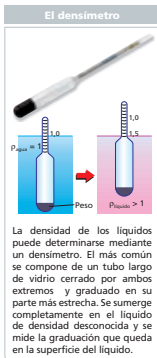
$$\text{Peso en el aire} = 0,300 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 2,94 \text{ N}$$

- b) ¿Qué fuerza de empuje experimenta al sumergirse?

$$E = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 = 0,2 \text{ N}$$

- c) ¿Cuál es su peso cuando está sumergido?

$$\text{Peso aparente} = 2,94 \text{ N} - 0,2 \text{ N} = 2,74 \text{ N}$$



La densidad de los líquidos puede determinarse mediante un densímetro. El más común se compone de un tubo largo de vidrio cerrado por ambos extremos y graduado en su parte más estrecha. Se sumerge completamente en el líquido de densidad desconocida y se mide la graduación que queda en la superficie del líquido.

- 32. Una esfera pesa 176 N en el aire y 126 N sumergida totalmente en agua. Determina su volumen y su densidad.  
**Solución:**  $5,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ;  $3520 \text{ kg/m}^3$
- 33. Halla la densidad de un cuerpo que pesa 32 N en el aire y 25 N sumergido en el agua.  
**Solución:**  $4571,4 \text{ kg/m}^3$
- 34. Un cuerpo se sumerge en un líquido y pesa 80 N. Posteriormente se sumerge en agua y pesa 75 N. Si su peso en el aire es 100 N, calcula la densidad del cuerpo y la del primer líquido en el que se sumergió.  
**Solución:**  $\rho_{\text{cuerpo}} = 4000 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_{\text{liquido}} = 800 \text{ kg/m}^3$
- 35. Una pieza de plata pesa 500 N en el aire y 420 N sumergida en un líquido de densidad desconocida. Calcula la densidad de este líquido si  $\rho_{\text{agua}} = 10500 \text{ kg/m}^3$ .  
**Solución:**  $1680 \text{ kg/m}^3$

### 6.3. Determinación de densidades

¿Cómo se puede averiguar la densidad de un sólido o de un líquido utilizando el principio de Arquímedes?

La mayor parte de los métodos para determinar densidades están basados en el principio de Arquímedes. Así, podemos determinar el volumen y la densidad de cualquier sólido irregular si sabemos cuál es su peso en el aire y en un líquido de densidad conocida.

#### EJERCICIO RESUELTO

7. Un objeto pesa 300 N en el aire y 200 N si está sumergido totalmente en el agua ( $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ). Determina su volumen y su densidad. El volumen lo determinamos a partir de la expresión del empuje:

$$E = P - P_a = 300 \text{ N} - 200 \text{ N} = 100 \text{ N}$$

Por otra parte:

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}} = V_{\text{sólido}} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{sólido}} = \frac{100 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3} = 0,01 \text{ m}^3$$

Para conocer la densidad del sólido calculamos primero su masa:

$$m = \frac{P}{g} = \frac{300 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 30,6 \text{ kg}$$

$$m = V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{sólido}} \rightarrow \rho_{\text{sólido}} = \frac{m}{V_{\text{sólido}}} = \frac{30,6 \text{ kg}}{0,01 \text{ m}^3} = 3060 \text{ kg/m}^3$$

Del mismo modo podemos determinar la densidad de un líquido si conocemos el peso de un cuerpo en el aire y su peso cuando está sumergido en dicho líquido.

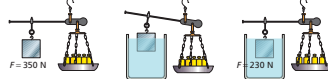
#### EJERCICIOS RESUELTOS

8. Una pieza de aluminio ( $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$ ) pesa 350 N en el aire y 230 N sumergida en un líquido. Calcula la densidad de este líquido.

$$E = P - P_a = 350 \text{ N} - 230 \text{ N} = 120 \text{ N}, \text{ y, por otra parte: } E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}}$$

$$V_{\text{sólido}} = \frac{m_{\text{sólido}}}{\rho_{\text{sólido}}} = \frac{P}{g \cdot \rho_{\text{sólido}}} = \frac{350 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3} = 0,013 \text{ m}^3$$

$$120 \text{ N} = 0,013 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \rho_{\text{liquido}} \rightarrow \rho_{\text{liquido}} = 942 \text{ kg/m}^3$$



9. Una pieza de una aleación metálica de masa 100 g y volumen 50 cm<sup>3</sup> pesa 0,4 N sumergida en un líquido. Calcula la densidad del líquido.

$$E = P - P_a = m \cdot g - P_a = 0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 - 0,4 \text{ N}; E = 0,58 \text{ N}$$

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}} \rightarrow \rho_{\text{liquido}} = \frac{E}{g \cdot V_{\text{sólido}}}$$

$$\rho_{\text{liquido}} = \frac{0,58 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3} = 1183 \text{ kg/m}^3$$

### 6.4. Flotabilidad de los cuerpos

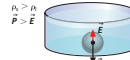
¿Por qué flota un trozo de corcho en el agua?

Cuando un sólido se sumerge en un fluido, está sometido a dos fuerzas de la misma dirección (vertical), pero de sentido opuesto:

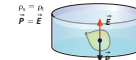
1. La fuerza peso, que está aplicada en el centro de gravedad del cuerpo, G, y cuyo sentido es hacia abajo.

2. La fuerza de empuje, que está aplicada en el centro de empuje, C, y cuyo sentido es hacia arriba.

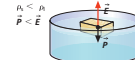
Al sumergir un sólido en un fluido, se pueden dar tres situaciones:



Si el peso del cuerpo es mayor que el empuje que experimenta, el cuerpo no está en equilibrio y se sumerge completamente, cayendo hasta el fondo (por ejemplo, una bola de hierro en agua).



Si el peso es igual al empuje, el cuerpo se sumerge en el fluido sin llegar al fondo, es decir, se encuentra en equilibrio en el seno del fluido (por ejemplo, un globo lleno de agua en agua).

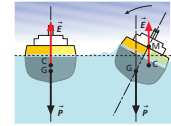


Si el peso es menor que el empuje, el cuerpo se sumerge parcialmente, lo suficiente como para que el peso del fluido desalojado sea igual al peso del cuerpo, es decir, flota (por ejemplo, corcho o madera en agua).

#### 6.4.1. Flotación de barcos

¿Por qué los barcos siguen flotando aunque se inclinen?

En un barco que flota consideramos la fuerza peso del barco con su carga y el empuje. El empuje que experimenta es igual al peso del volumen de agua desalojada y al volumen sumergido del barco. La línea que separa la parte sumergida de la que no lo está se llama línea de flotación. Si la carga del barco aumenta, este se sumerge más para que aumente el empuje y, de nuevo, el peso y el empuje sean iguales.



El barco de la izquierda está en equilibrio. Si, por cualquier causa (una ola, desplazamiento de la carga, etc.), el centro de empuje se desplaza, para que el barco permanezca en equilibrio la dirección del empuje debe cortar al eje de simetría del cuerpo en un punto por encima del centro de gravedad, llamado metacentro, M.

Para que el barco esté en equilibrio debe cumplirse:

1. Que el peso y el empuje sean iguales.
2. Que el centro de gravedad y el del empuje estén en la misma vertical, pues de lo contrario se forma un par de fuerzas y el barco gira.
3. Que el centro de gravedad esté más bajo que el centro de empuje.

#### 6.4.2. Flotando en el aire

¿Por qué flota un globo aerostático?

A diferencia de los cohetes, que vencen la fuerza de atracción terrestre gracias a la fuerza de acción que les proporcionan los gases procedentes de la combustión, el globo asciende porque está lleno de un gas cuya densidad es inferior a la del aire que lo rodea: como su volumen es muy grande, la fuerza de empuje que le proporciona el aire es mayor que su peso.



- 32. ¿Qué debe hacer un submarino para sumergirse y volver a salir a la superficie?
- 33. ¿Qué ocurrirá si sumergimos, en un recipiente con agua, una pelota de goma menos densa que el agua?
- 34. ¿Cómo explicas la variación que experimenta un buque en su línea de flotación cuando pasa de un río al mar?

**Ideas claras**

El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta una fuerza de empuje vertical hacia arriba de igual valor que el peso del volumen de fluido desalojado.

## 6.3. Determinación de densidades

¿Cómo se puede averiguar la densidad de un sólido o de un líquido utilizando el principio de Arquímedes?

En este epígrafe se analizan diferentes métodos de determinación de densidades de sólidos irregulares y de líquidos.

La balanza hidrostática es una balanza en la que se han sustituido los platillos por ganchos de los que se cuelgan los cuerpos; sirve para determinar la densidad de líquidos y de sólidos que no se disuelvan al sumergirlos en agua.

Los densímetros son aparatos que sirven para medir la densidad de los líquidos. Se trata de flotadores lastrados para que el centro de gravedad quede bajo y puedan flotar verticalmente. En su parte superior llevan una varilla delgada donde está grabada la graduación. Se gradúan colocándolos en líquidos de densidad desconocida. La densidad se lee en la división que queda rasante a la superficie del líquido.

Simulación: EXPERIMENTO INTERACTIVO SOBRE EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

## Soluciones de las actividades

34. Una esfera pesa 176 N en el aire y 126 N sumergida totalmente en agua. Determina su volumen y su densidad.

$$E = P - P_a = 176 \text{ N} - 126 \text{ N} = 50 \text{ N}$$

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}} = (m_{\text{sólido}} / \rho_{\text{sólido}}) \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}} = P_{\text{sólido}} \cdot (\rho_{\text{liquido}} / \rho_{\text{sólido}})$$

Despejando la densidad del sólido, resulta:

$$\rho_{\text{sólido}} = P_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{liquido}} / E = 176 \text{ N} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 / 50 \text{ N} = 3520 \text{ kg/m}^3$$

La masa de la esfera se determina a partir de su peso:

$$m = 176 \text{ N} / 9,8 \text{ m/s}^2 = 17,96 \text{ kg}$$

Con este dato podemos obtener el volumen de la misma:

$$V_{\text{sólido}} = 17,96 \text{ kg} / 3520 \text{ kg/m}^3 = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

35. Halla la densidad de un cuerpo que pesa 32 N en el aire y 25 N sumergido en el agua.

Calculamos primero el volumen del cuerpo, a partir de la expresión del empuje:

$$25 \text{ N} = 32 \text{ N} - 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot V; V = 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = P / g \cdot V = 4571 \text{ kg/m}^3$$

36. Un cuerpo se sumerge en un líquido y pesa 80 N. Posteriormente se sumerge en agua y pesa 75 N. Si su peso en el aire es 100 N, calcula la densidad del cuerpo y la del primer líquido en el que se sumergió.

Para calcular la densidad del líquido, comenzamos por calcular los empujes en cada líquido:

$$E_1 = 20 \text{ N} = \rho_1 \cdot g \cdot V; E_2 = 25 \text{ N} = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot V$$

$$20 \text{ N} = \rho_1 \cdot 25 \text{ N} / \rho_{\text{agua}} \rightarrow \rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$$

Ahora, la densidad del cuerpo será:  $\rho_c = m / V = P / g \cdot V$

donde  $g \cdot V = E_2 / \rho_{\text{agua}}$

Finalmente obtenemos:

$$\rho_c = 4000 \text{ kg/m}^3$$

- 37 Una pieza de plata pesa 500 N en el aire y 420 N sumergida en un líquido de densidad desconocida. Calcula la densidad de este líquido si  $\rho_{\text{plata}} = 10\,500\text{ kg/m}^3$ .

$$E = P - P_a = 500\text{ N} - 420\text{ N} = 80\text{ N}$$

$$V_{\text{sólido}} = P/g \cdot \rho_{\text{sólido}} = 500\text{ N} / 9,8\text{ m/s}^2 \cdot 10\,500\text{ kg/m}^3 = 0,00486\text{ m}^3$$

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{líquido}}$$

$$80\text{ N} = 0,00486\text{ m}^3 \cdot 9,8\text{ m/s}^2 \cdot \rho_{\text{líquido}} \Rightarrow \rho_{\text{líquido}} = 1\,680\text{ kg/m}^3$$

## 6.4 Flotabilidad de los cuerpos

- ¿Por qué flota un trozo de corcho en el agua?

Porque la fuerza de empuje es mayor que la fuerza peso

Se trata de que los alumnos expliquen las diferentes situaciones de flotabilidad de los cuerpos situados en fluidos mediante el cálculo de las fuerzas que actúan sobre ellos, tal como se indica en uno de los criterios de evaluación de esta unidad.

Se puede realizar experiencias con materiales que floten y con otros que se hundan, determinando en cada caso, aproximadamente, cuál es la porción del cuerpo sumergido, la masa del mismo y la cantidad de líquido desalojado.

Conviene insistir en que la flotabilidad es el resultado de una composición de fuerzas; es conveniente que los alumnos observen la dirección y el sentido de ambas fuerzas y de la resultante. Conviene hacerles observar que realmente no se trata de una única fuerza, sino el resultado de una multitud de ellas que actúan partícula a partícula.

### 6.4.1. Flotación de barcos

- ¿Por qué los barcos siguen flotando aunque se inclinen?

Flotará mientras la dirección del empuje corte al eje de simetría del cuerpo en un punto por encima del centro de gravedad.

El punto sobre el que puede considerarse que actúan todas las fuerzas que producen el efecto de flotación se llama **centro de flotación** y corresponde al **centro de gravedad del fluido desplazado**. El centro de flotación de un cuerpo está situado encima de su centro de gravedad. Cuanto mayor sea la distancia entre ambos, mayor es la estabilidad del cuerpo. Si el centro de grave-

dad y el centro de flotación no están en la misma vertical, se trata de fuerzas paralelas que formarán un par y el cuerpo girará hasta que se cumpla la condición de equilibrio.

Una nave flota porque el empuje es mayor que el peso de la nave. En el equilibrio, el peso de la nave es igual al peso del volumen de agua desalojada.

### 6.4.2. Flotando en el aire

- ¿Por qué flota un globo aerostático?

El aire caliente dentro de un globo es menos que el aire frío del exterior. El globo flotará mientras el aire en el interior esté caliente.

Recordemos que uno de los estándares de aprendizaje evaluables relacionado con estos contenidos es:

- Predice la mayor o menor flotabilidad de objetos utilizando la expresión matemática del principio de Arquímedes.

Simulación:  
**FLOTABILIDAD**

Actividades de refuerzo:  
**LA BALANZA HIDROSTÁTICA  
PESO Y EMPUJE**

## Soluciones de las actividades

- 38 ¿Qué debe hacer un submarino para sumergirse y volver a salir a la superficie?

Los submarinos se sumergen o emergen a voluntad modificando su peso gracias a unos grandes depósitos que llenan o vacían de agua según quieran sumergirse o ascender.

- 39 ¿Qué ocurrirá si sumergimos en un recipiente con agua una pelota de goma menos densa que el agua?

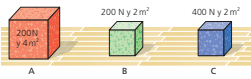
La pelota subirá hasta la superficie libre del agua y flotará.

- 40 ¿Cómo explicas la variación que experimenta un buque en su línea de flotación cuando pasa de un río al mar?

En el mar el empuje que recibe el buque es mayor y por tanto flota más, de manera que la línea de flotación es más baja en el mar que en el río.

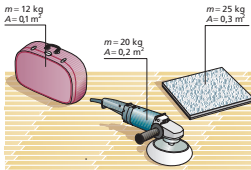
La presión

11 Calcula la presión que ejerce cada uno de estos prismas sobre el suelo:



¿Qué relación de proporcionalidad existe entre la presión, la fuerza y la superficie de aplicación?

12 La maleta, la pulidora y la piedra de pavimento están sobre el suelo.

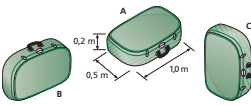


Calcula:  
a) El peso de cada uno de estos cuerpos.  
b) La presión que ejerce cada uno sobre el suelo.  
Solución: a) 117,6 N; 196 N; 245 N; b) 1176 Pa; 980 Pa; 816,7 Pa

13 Completa esta tabla en tu cuaderno:

Fuerza (N)	Superficie	Presión (Pa)
100	1 mm <sup>2</sup>	...
100	1 cm <sup>2</sup>	...
100	1 m <sup>2</sup>	...

14 ¿En qué posición es mayor la presión de la maleta sobre el suelo: A, B o C? ¿En cuál es menor?



15 ¿Qué presión ejerce sobre su base un prisma de hierro de 20 cm de altura y 10 cm<sup>2</sup> de área de la base?

Dato:  $\rho_{\text{hierro}} = 7800 \text{ kg/m}^3$   
Solución:  $1,53 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

16 Indica cuáles de las siguientes relaciones son correctas:

- a) Para una superficie dada, la presión es directamente proporcional a la fuerza aplicada.
- b) Para una presión dada, la fuerza aplicada es inversamente proporcional a la superficie.
- c) Para una fuerza dada, la presión es inversamente proporcional a la superficie.

17 Dos personas del mismo peso (65 kg) están de pie en un terreno blando. Una de ellas lleva zapatos de tacón fino, cuya superficie es de 4 cm<sup>2</sup>, y la otra zapatos de tacón ancho, de 30 cm<sup>2</sup>. Además, sabemos que sobre los tacones descansa el 70 % del peso de cada persona.

- a) Determina la presión que ejercen sobre el suelo los tacones de ambas personas.
- b) Si el suelo aguanta un máximo de  $5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ , determina si se deformará o no bajo el peso de estas personas.

Presión en el interior de un fluido en reposo

18 Toma un tubo de vidrio abierto por ambos extremos y acopla a uno de ellos una placa de plástico o de metal con un hilo que se mantenga tenso.

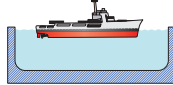
- a) Introduce el tubo en una cubeta con agua. ¿Qué ocurre cuando sueltas el hilo (2)?
- b) Llena ahora el tubo con agua por el extremo que ha quedado abierto. ¿Qué sucede cuando el líquido del tubo alcanza el nivel del líquido de la cubeta (4)?



19 Responde verdadero o falso y justifica tu respuesta:

- a) La presión en el interior de un líquido es mayor cuanto menor es la densidad del líquido.
- b) La presión es directamente proporcional a la anchura del recipiente que contiene el líquido.
- c) La presión es directamente proporcional a la profundidad del recipiente que contiene el líquido.
- d) La presión en el interior de un líquido actúa en todas las direcciones.
- e) La presión en el interior de un líquido es directamente proporcional a la densidad del mismo.

20 Dibuja en tu cuaderno cómo actúa la presión del agua sobre el casco del buque y sobre las paredes del dique a medida que aumenta la profundidad.



21 Completa estas frases en tu cuaderno:

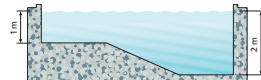
- a) La presión en el interior de un líquido es \_\_\_ de la forma del recipiente que lo contiene.
- b) La presión \_\_\_ al aumentar la profundidad medida desde el nivel de la superficie libre del líquido.
- c) La presión es mayor cuanto \_\_\_ es la densidad del líquido.

La presión hidrostática. Principio fundamental de la hidrostática

22 ¿Qué fuerza soporta un buzo sumergido en el mar a 8 m de profundidad, suponiendo que la superficie del buzo es de 150 dm<sup>2</sup> y la densidad del agua del mar en ese lugar de 1030 kg/m<sup>3</sup>?

Solución: 121 128 N

23 Calcula la presión del agua en el fondo de la piscina en la zona más profunda y en la menos profunda.



Solución: 19600 Pa; 9800 Pa

24 Determina la presión del agua o del mercurio en el fondo de un recipiente de 76 cm de profundidad cuando se llena de agua ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) y cuando se llena de mercurio ( $\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$ ).

Solución: 7448 Pa; 101 293 Pa

25 ¿Qué diferencia de presión existe entre dos puntos situados, respectivamente, a 10 cm y a 35 cm por debajo del nivel del agua?

26 Un batiscafo se sumerge en el océano a una profundidad de 150 m. Si la densidad del agua es  $\rho = 1040 \text{ kg/m}^3$ , calcula la presión hidrostática que hay a esa profundidad y la fuerza que soporta un ojo de buey de 40 cm de diámetro.

Solución: 1528 800 Pa; 192 017 N

27 Un submarino se encuentra sumergido a 300 m de profundidad. Si la densidad del agua es  $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ , calcula:

- a) La presión hidrostática que actúa sobre el mismo.
- b) La fuerza que actúa sobre una de sus compuertas de 4,2 m<sup>2</sup> de superficie.

Solución: 29,9 atm;  $1,27 \cdot 10^7 \text{ N}$

28 ¿Hasta qué profundidad hay que sumergirse en un embalse para que la presión soportada sea el doble que en la superficie?

29 ¿Qué diferencia de presión existirá entre dos puntos de un líquido de densidad 1800 kg/m<sup>3</sup> si están separados entre sí por una distancia vertical de 20 cm?

Solución: 3528 Pa

30 Si se ponen en comunicación vasijas de diferentes tamaños y formas, y dentro de ellas se vierte un líquido, ¿cómo serán los niveles que alcance el líquido en todas ellas?

21 Un depósito de forma cúbica de 150 cm de arista está lleno de agua. Calcula:

- a) La presión hidrostática en el fondo del depósito.
- b) La fuerza que ejerce el agua sobre el fondo.
- c) La presión en un punto situado a 75 cm de profundidad.

Solución: a) 14 700 Pa; b) 33 075 N; c) 7 350 Pa

Principio de Pascal

22 Con una prensa hidráulica podemos obtener una fuerza diez veces superior a la empleada. ¿Qué puedes decir de la relación existente entre las secciones de los émbolos?

23 La superficie del pistón o émbolo grande de una prensa hidráulica es cien veces mayor que la del pistón pequeño. Halla la fuerza que actúa sobre el mayor cuando sobre el pequeño se ejerce una fuerza de 50 N.

Solución: 5000 N

24 Imagina que un amigo mecánico te ha comentado que en su taller dispone de una moderna prensa hidráulica capaz de levantar camiones de hasta 8000 kg. Si la fuerza máxima que se puede aplicar sobre el émbolo pequeño es de 2500 N y los diámetros de los émbolos son de 10 cm y de 50 cm, averigua si es cierto lo que dice tu amigo.

25 Necesitamos un elevador hidráulico para levantar una camioneta que pesa 20000 N. La sección del émbolo menor es de 10 cm<sup>2</sup> y la del mayor de 140 cm<sup>2</sup>. ¿Qué fuerza deberemos aplicar sobre el émbolo pequeño?

Solución: 1429 N

26 Los frenos hidráulicos son unas de las aplicaciones del principio de Pascal. Observa en la página 215 el esquema de un freno hidráulico y trata de explicar cómo funciona.

27 Busca información acerca de cómo funcionan los frenos ABS y cómo deben ser utilizados por el conductor. El sistema ABS aumenta o disminuye la distancia de frenado de un vehículo?

La presión atmosférica

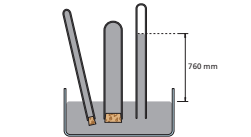
28 ¿Qué fuerza ejerce la columna de aire existente sobre cada metro cuadrado de la superficie terrestre a nivel del mar?

29 ¿Se puede utilizar un barómetro para calcular la altura de una montaña? Busca información acerca de cómo funciona un altímetro.

30 Si en el experimento de Torricelli se utilizara agua ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) en lugar de mercurio, ¿qué altura alcanzaría el agua en el tubo? Solución: 103,3 m

31 Suponiendo que la densidad de la atmósfera es constante e igual a 1,2 kg/m<sup>3</sup>, determina la altura que debería tener para ejercer la presión que ejerce (1,013 · 10<sup>5</sup> Pa). Solución: 8614 m

32 Observa el siguiente montaje.



¿Qué altura alcanzará el mercurio en los dos tubos de la izquierda cuando se retire el tapón? ¿Por qué?

33 Asocia en tu cuaderno cada concepto con su definición o descripción:

Mapa meteorológico	Desplazamiento de las masas de aire desde las zonas de alta presión a las de baja presión.
Corrientes de vientos	Líneas que unen los puntos de igual presión.
Borrasca	Mapa en el que aparecen los valores de la presión atmosférica.
Anticiclón	El aire caliente se dilata y asciende dejando tras de sí una zona de baja presión.
Superficie frontal	El aire frío es más denso y desciende provocando una zona de altas presiones.
Isobaras	Región de separación entre dos masas de aire distintas.

34 Distingue entre frente de aire frío y frente de aire cálido. Copia en tu cuaderno este dibujo e identifica en el cada tipo de frente y dónde se ubican las masas de aire frío y cálido.



35 Justifica razonablemente la veracidad o la falsedad de los enunciados siguientes:

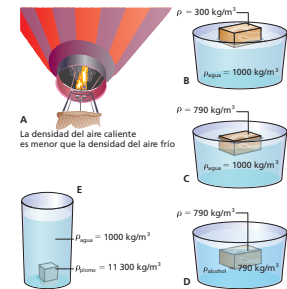
- a) Alrededor de un área de altas presiones, el aire se desplazará hacia las zonas que tengan una presión inferior girando, en el hemisferio norte, en sentido contrario al de las agujas del reloj.
- b) En un mapa del tiempo las isobaras se trazan con un intervalo de 5 mb.

Fuerzas de empuje. Principio de Arquímedes

36 Calcula la densidad de un trozo de mineral que pesa 28 N en el aire y 24 N en el agua.

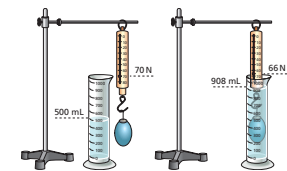
Solución: 7000 kg/m<sup>3</sup>

37 Observa las siguientes ilustraciones y contesta a las preguntas:



- a) Describe lo que sucede en cada una de las ilustraciones. ¿Qué diferencias aprecias entre las figuras B y C? ¿Y entre las figuras C y D?
- b) Extrae conclusiones generales de tus observaciones teniendo en cuenta los valores de las densidades en cada caso.

38 Explica en qué consiste el montaje experimental del dibujo.



- a) ¿Cómo varía el peso del cuerpo al sumergirlo en el agua?
- b) ¿Qué sucede con el volumen del agua de la probeta?
- c) ¿Hay alguna relación entre la variación del peso del cuerpo y el volumen del agua?

39 Diseña un experimento que te permita averiguar la densidad de un líquido desconocido (consulta en Internet las tablas de densidades de diferentes sustancias sólidas).

40 Una piedra pesa 100 N, pero sumergida en el agua su peso disminuye 6 N. Calcula su volumen y su densidad.

Solución: 612 cm<sup>3</sup>;  $1,67 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

41 Un objeto de 10 000 N de peso ocupa un volumen de 10 m<sup>3</sup>. ¿Flotará en un tanque lleno de aceite cuya densidad es de 935 kg/m<sup>3</sup>?

42 Un material sólido de densidad 3200 kg/m<sup>3</sup> pesa 350 N en el aire y 210 N cuando se encuentra sumergido en un líquido de densidad desconocida. ¿Cómo podrías calcular la densidad de este líquido?

43 ¿Qué sucede al sumergir un sólido en un líquido?

- a) El peso del sólido es igual al empuje.
- b) El peso es menor que el empuje.
- c) El peso del sólido es mayor que el empuje.

Ilustra las respuestas con tres esquemas gráficos.

44 Calcula la pérdida de peso que experimenta un bloque cúbico de 15 cm de arista al sumergir dos tercios del mismo en un líquido cuya densidad es de 1300 kg/m<sup>3</sup>.

Solución: 28,7 N

LEE Y COMPRENDE LA CIENCIA

Primero eché en un vaso 16 libras<sup>1</sup> de mercurio y, tomando dos tubos de vidrio de grosor semejante de 4 pies<sup>2</sup> de largo cada uno, cerrados herméticamente en un extremo y abiertos por el otro, hice con ellos la misma experiencia en el mismo vaso; aproximando los dos tubos uno al otro, sin sacarlos del vaso, se vio que el mercurio que quedaba en ambos estaba al mismo nivel y que había en cada uno de ellos, por encima de la superficie del vaso, 26 pulgadas<sup>3</sup> con 3 líneas y media.

Hecho esto, procedí a dejar uno de los dos tubos en el vaso bajo observación continua. Con el otro tubo y una parte del mismo mercurio, subí a la cumbre del Puy-de-Dôme, que se eleva unas 500 toesas<sup>4</sup> por encima de donde realicé la primera experiencia, descubriendo que en el tubo no quedaba más que una altura de 23 pulgadas con 2 líneas de mercurio. Después, descendiendo de la montaña, hice en el camino la misma experiencia, siempre con el mismo tubo, el mismo mercurio y el mismo vaso, y allí encontré que la altura del mercurio en el tubo alcanzaba 25 pulgadas.

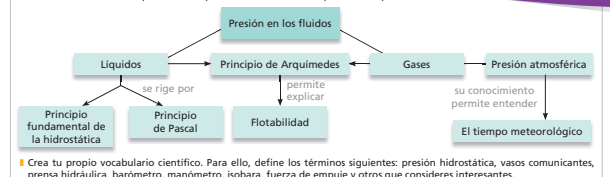
B. PASCAL. La experiencia del Puy-de-Dôme

Notas: <sup>1</sup>libra: unidad de masa anglosajona que equivale a 453,5 g; <sup>2</sup>pie: medida de longitud del sistema anglosajón que equivale a 30,5 cm; <sup>3</sup>pulgada: medida de longitud anglosajona que equivale a 2,54 cm; <sup>4</sup>toesa: antigua medida francesa de longitud que equivale a 1,946 m.

- a) ¿Qué magnitud mide la altura de la columna de mercurio?
- b) ¿Cómo se llama el instrumento medidor que se basa en este experimento?
- c) ¿Qué pretende demostrar Pascal con la experiencia del Puy-de-Dôme? ¿Qué se puede deducir de la misma?

TÉCNICAS DE ESTUDIO

- Elabora tu propio resumen a partir de los recuadros de ideas claras que aparecen en la unidad. Añade otros contenidos que valores importantes.
- Copia el mapa que aparece a continuación y añade los elementos necesarios para construir un esquema conceptual de la unidad.

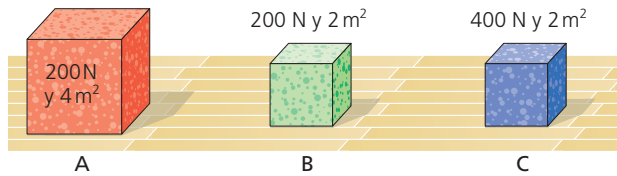


1 Crea tu propio vocabulario científico. Para ello, define los términos siguientes: presión hidrostática, vasos comunicantes, prensa hidráulica, barómetro, manómetro, isobara, fuerza de empuje y otros que consideres interesantes.

Puedes grabar tu resumen y escucharlo tantas veces como quieras para repasar.

## La presión

- 1 Calcula la presión que ejercen cada uno de estos prismas sobre el suelo:



Presión que ejerce el prisma A:

$$p_A = 200\text{ N}/4\text{ m}^2 = 50\text{ Pa}$$

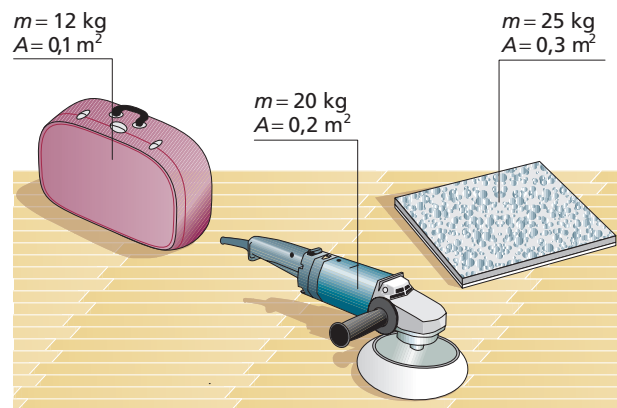
Presión que ejerce el prisma B:

$$p_B = 200\text{ N}/2\text{ m}^2 = 100\text{ Pa}$$

Presión que ejerce el prisma C:

$$p_C = 400\text{ N}/2\text{ m}^2 = 200\text{ Pa}$$

- 2 La maleta, la pulidora y la piedra de pavimento están sobre el suelo.



Calcula:

- a) El peso de cada uno de estos cuerpos.

$$\text{Peso de la maleta} = 12\text{ kg} \cdot 9,8\text{ m/s}^2 = 117,6\text{ N}$$

$$\text{Peso de la pulidora} = 20\text{ kg} \cdot 9,8\text{ m/s}^2 = 196\text{ N}$$

$$\text{Peso de la piedra de pavimento} = 25\text{ kg} \cdot 9,8\text{ m/s}^2 = 245\text{ N}$$

- b) La presión que ejerce cada uno sobre el suelo.

$$\text{Presión de la maleta} = 117,6\text{ N}/0,1\text{ m}^2 = 1176\text{ Pa}$$

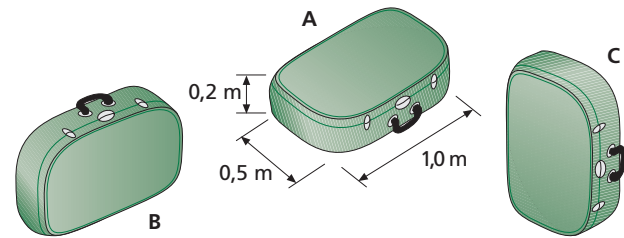
$$\text{Presión de la pulidora} = 196\text{ N}/0,2\text{ m}^2 = 980\text{ Pa}$$

$$\text{Presión de la piedra de pavimento} = 245\text{ N}/0,3\text{ m}^2 = 816,7\text{ Pa}$$

- 3 Completa esta tabla en tu cuaderno:

Fuerza (N)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Presión (Pa)
100	1 mm <sup>2</sup>	10 <sup>8</sup>
100	1 cm <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup>
100	1 m <sup>2</sup>	100

- 4 ¿En qué posición es mayor la presión de la maleta sobre el suelo: A, B o C? ¿Y en cuál es menor?



La presión es mayor en aquella posición en la que la superficie de apoyo sea menor.

Es decir, la presión de la maleta será mayor en la posición C y será menor en la posición A.

- 5 ¿Qué presión ejerce sobre su base un prisma de hierro de 20 cm de altura y 10 cm<sup>2</sup> de área de la base? Dato:  $\rho_{\text{hierro}} = 7800\text{ kg/m}^3$

$$p = F/S = P/S = m \cdot g/S = \rho \cdot V \cdot g/S = \rho \cdot g \cdot h = 7800 \cdot 9,8 \cdot 0,2 = 1,53 \cdot 10^4\text{ Pa}$$

- 6 Indica cuáles de las siguientes relaciones son correctas:

a) Para una superficie dada, la presión es directamente proporcional a la fuerza aplicada.

Verdadero.

b) Para una presión dada, la fuerza aplicada es inversamente proporcional a la superficie.

Falso.

c) Para una fuerza dada, la presión es inversamente proporcional a la superficie.

Verdadero.

- 7 Dos personas del mismo peso (65 kg) están de pie en un terreno blando. Una de ellas lleva zapatos de tacón fino, cuya superficie es de 4 cm<sup>2</sup>, y la otra zapatos de tacón ancho, de 30 cm<sup>2</sup>. Además, sabemos que sobre los tacones descansa el 70% del peso de cada persona.

a) Determina la presión que ejercen sobre el suelo los tacones de ambas personas.

$$p_{\text{fino}} = 637\text{ N} \cdot 0,7/8 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2 = 557375\text{ Pa};$$

$$p_{\text{ancho}} = 637\text{ N} \cdot 0,7/6 \cdot 10^{-3}\text{ m}^2 = 74316\text{ Pa}$$

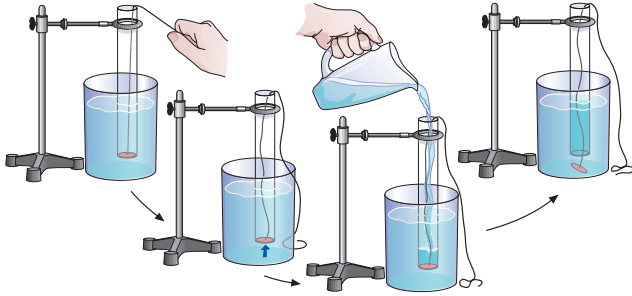
b) Si el suelo aguanta un máximo de  $5 \cdot 10^4\text{ Pa}$ , determina si se deformará o no bajo el peso de estas personas.

Como las presiones calculadas en el apartado a) son mayores que la que aguanta el suelo, este se deforma bajo el peso de estas personas.



## Presión en el interior de un fluido en reposo

- 8 Toma un tubo de vidrio abierto por ambos extremos y acopla a uno de ellos una placa de plástico o de metal con un hilo que se mantenga tenso. a) Introduce el tubo en una cubeta con agua. ¿Qué ocurre cuando sueltas el hilo (2)? b) Llena ahora el tubo con agua por el extremo que ha quedado abierto. ¿Qué sucede cuando el líquido del tubo alcanza el nivel del líquido de la cubeta (4)?



Los equipos didácticos que se encuentran generalmente en los laboratorios disponen del material adecuado para realizar esta experiencia, incluyendo tubos de vidrio de diferentes formas que permiten observar que la placa permanece adherida al extremo del tubo, independientemente de la orientación que este tenga.

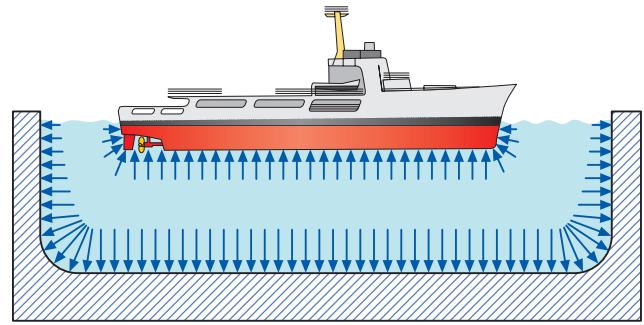
Cuando se suelta el hilo, la placa no se desprende, pues el líquido ejerce una fuerza que la sostiene.

Cuando el líquido del interior del tubo alcanza el nivel del líquido en la cubeta, la placa se desprende, porque las fuerzas a ambos lados se han equilibrado.

- 9 Responde verdadero o falso y justifica tu respuesta:

- a) La presión es mayor cuanto menor es la densidad del líquido.  
Falso. La presión es mayor cuanto mayor es la densidad del líquido.
- b) La presión es directamente proporcional a la anchura del recipiente que contiene el líquido.  
Falso. La presión es independiente de la anchura del recipiente que contiene el líquido.
- c) La presión es directamente proporcional a la profundidad del recipiente que contiene el líquido.  
Verdadero.
- d) La presión en el interior de un líquido actúa en todas las direcciones.  
Verdadero.
- e) La presión en el interior de un líquido es directamente proporcional a la densidad del mismo.  
Verdadero.

- 10 Dibuja cómo actúa la presión del agua sobre el casco del buque. A continuación, dibuja cómo actúa la presión del agua contra las paredes del dique a medida que aumenta la profundidad.



- 11 Completa estas frases en tu cuaderno:
- La presión en el interior de un líquido es independiente de la forma del recipiente que le contiene.
  - La presión aumenta al aumentar la profundidad medida desde el nivel de la superficie libre del líquido.
  - La presión es mayor cuanto mayor es la densidad del líquido.

## La presión hidrostática. Principio fundamental de la hidrostática

- 12 ¿Qué fuerza soporta un buzo sumergido en el mar a 8 m de profundidad, suponiendo que la superficie del buzo es de 150 dm<sup>2</sup> y que la densidad del agua del mar en ese lugar es de 1030 kg/m<sup>3</sup>?

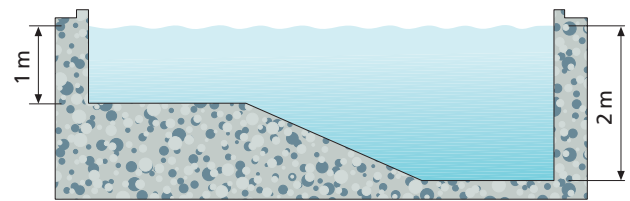
Para calcular la fuerza que soporta el buzo cuando está sumergido, calcularemos primero la presión hidrostática que soporta:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ m} = 80752 \text{ Pa}$$

Conocida la relación que existe entre la presión, la fuerza y la superficie, tenemos:

$$F = p \cdot S = 80752 \text{ Pa} \cdot 1,5 \text{ m}^2 = 121128 \text{ N}$$

- 13 Calcula la presión del agua en el fondo de la piscina en la parte más profunda y en la menos profunda.



Presión hidrostática en la parte más profunda:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} = 19600 \text{ Pa}$$

Presión hidrostática en la parte menos profunda:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} = 9800 \text{ Pa}$$

- 14 Determina la presión del agua en el fondo de un recipiente de 76 cm de profundidad cuando se llena de agua ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) y cuando se llena de mercurio ( $\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$ ).

$$p_{\text{agua}} = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 7448 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{mercurio}} = \rho_{\text{mercurio}} \cdot g \cdot h = 13600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 101300 \text{ Pa}$$

- 15 ¿Qué diferencia de presión existe entre dos puntos situados, respectivamente, a 10 cm y a 35 cm por debajo del nivel del agua?

$$\Delta p = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m} = 2450 \text{ Pa}$$

- 16 Un batiscafo se sumerge en el océano a una profundidad de 150 m. Si la densidad del agua es  $\rho = 1040 \text{ kg/m}^3$ , calcula la presión hidrostática que hay a esa profundidad y la fuerza que soporta un ojo de buey de 40 cm de diámetro.

$$p = 1040 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 150 \text{ m} = 1528800 \text{ Pa}$$

$$F = p \cdot S = 1528800 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2 = 192017 \text{ N}$$

- 17 Un submarino se encuentra sumergido a 300 m de profundidad. Si la densidad del agua es  $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ , calcula:

- a) La presión hidrostática que actúa sobre el mismo.

$$p = 1030 \cdot 9,8 \cdot 300 = 3028200 \text{ Pa} = 29,9 \text{ atm}$$

- b) La fuerza que actúa sobre una de sus compuertas de  $4,2 \text{ m}^2$  de superficie.

$$F = 3028200 \cdot 4,2 = 1,27 \cdot 10^7 \text{ N}$$

- 18 ¿Hasta qué profundidad hay que sumergirse en un embalse para que la presión soportada sea el doble que en la superficie?

La presión en la superficie es de 1 atm. Debemos hallar a qué profundidad la presión total es 2 atm, lo cual sucederá cuando la presión hidrostática sea de 1 atm:

$$1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot h$$

$$h = 10,3 \text{ m}$$

Hay que sumergirse a 10,3 m de profundidad.

- 19 ¿Qué diferencia de presión existirá entre dos puntos de un líquido de densidad  $1800 \text{ kg/m}^3$  si están separados entre sí por una distancia vertical de 20 cm?

$$\Delta p = 1800 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,20 \text{ m} = 3528 \text{ Pa}$$

- 20 Si se ponen en comunicación vasijas de diferentes tamaños y formas y dentro de ellas se vierte un líquido, ¿qué nivel alcanza el líquido en todas ellas?

El líquido alcanza el mismo nivel en todas ellas.

- 21 Un depósito de forma cúbica de 150 cm de arista está lleno de agua. Calcula:

- a) La presión hidrostática en el fondo del depósito.

$$p = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,5 \text{ m} = 14700 \text{ Pa}$$

- b) La fuerza que ejerce el agua sobre el fondo.

$$F = p \cdot S = 33075 \text{ N}$$

- c) La presión en un punto situado a 75 cm de profundidad.

La presión hidrostática en un punto situado a 75 cm de profundidad es 7350 Pa.

## Principio de Pascal

- 22 Con una prensa hidráulica podemos obtener una fuerza diez veces superior a la empleada.

¿Qué puedes decir de la relación existente entre las secciones de los émbolos?

La superficie del pistón grande es diez veces mayor que la superficie del pistón pequeño.

- 23 La superficie del pistón o émbolo grande de una prensa hidráulica es cien veces mayor que la del pistón pequeño. Halla la fuerza que actúa sobre el mayor cuando se ejerce sobre el pequeño una fuerza de 50 N.

La fuerza que actúa sobre el mayor es cien veces mayor, es decir, 5000 N.

- 24 Imagina que un amigo mecánico te ha comentado que en su taller dispone de una moderna prensa hidráulica con la que puede levantar camiones de hasta 8000 kg. Si la fuerza máxima que se puede aplicar sobre el émbolo pequeño es de 2500 N y los diámetros de los émbolos son de 10 cm y de 50 cm, averigua si es cierto lo que dice tu amigo.

No es cierto, porque su prensa hidráulica puede ejercer una fuerza de  $2500 \cdot 50^2/10^2 = 62500 \text{ N}$  y el peso del camión es de  $8000 \cdot 9,8 = 78400 \text{ N}$ .

- 25 Necesitamos un elevador hidráulico para levantar una camioneta que pesa 20000 N. La sección del émbolo menor es de  $10 \text{ cm}^2$  y la del émbolo mayor de  $140 \text{ cm}^2$ . ¿Qué fuerza deberemos aplicar sobre el émbolo pequeño?

$$F_{\text{émbolo pequeño}} = F_{\text{émbolo grande}} \cdot 10/140 = 1429 \text{ N}$$

- 26 Los frenos hidráulicos son una de las aplicaciones del principio de Pascal. Observa en la página 215 el esquema de un freno hidráulico y trata de explicar cómo funcionan.

Los frenos hidráulicos se basan en la transmisión de la presión a través de los fluidos. La presión ejercida sobre el pedal del freno se transmite por el líquido de frenos al pistón grande, que actúa sobre las zapatas de cada rueda. El pedal de freno amplifica la fuerza aplicada por el pie del conductor.

- 27 Busca información acerca de cómo funcionan los frenos ABS y cómo deben ser utilizados por el conductor. ¿El sistema ABS aumenta o disminuye la distancia de frenado de un vehículo?

RESPUESTA LIBRE. ABS es la abreviatura en inglés de Sistema de Frenado Antibloqueo y es un sistema diseñado para permitir a los conductores cierta capacidad de maniobrabilidad y evitar deslizamientos mientras frenan, especialmente en condiciones de lluvia, nieve, barro, etc., en las que es posible que una rueda se bloquee, perdiendo el control del vehículo. El ABS permite maniobrar y frenar al mismo tiempo. Evita que los neumáticos pierdan adherencia con el suelo durante el frenado y permite que el conductor siga teniendo el control sobre el vehículo mientras frena. Por tanto, este sistema disminuye la distancia de frenado del vehículo.

## La presión atmosférica

- 28 ¿Qué fuerza ejerce la columna de aire existente sobre cada metro cuadrado de la superficie terrestre al nivel del mar?

$$F = p \cdot S = 13600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,760 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}^2 = 101293 \text{ N}$$

- 29) ¿Se puede utilizar un barómetro para calcular la altura de una montaña? Busca información acerca de cómo funciona un altímetro.

Sí, porque la altura está en relación con la presión atmosférica, que es lo que mide un barómetro.

En aeronáutica, un altímetro forma parte de los instrumentos de vuelo y sirve para indicar la diferencia de altitud entre el lugar donde se encuentra el altímetro y un lugar de referencia que suele ser el nivel del mar. Su fundamento estriba en la variación que experimenta la presión atmosférica con la altitud.

- 30) Si en el experimento de Torricelli se empleara agua ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) en lugar de utilizar mercurio, ¿qué altura alcanzaría el agua en el tubo?

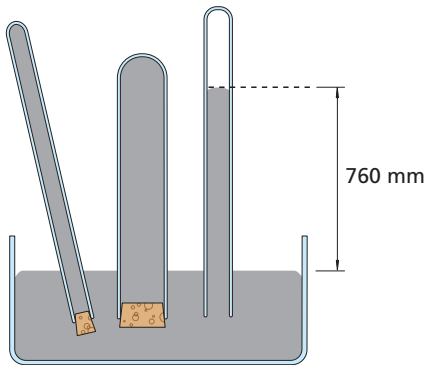
$$1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot h; h = 10,3 \text{ m}$$

- 31) Suponiendo que la densidad de la atmósfera es constante e igual a  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , determina la altura que debería tener para ejercer la presión que ejerce ( $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ).

$$1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot h$$

$$h = 8614 \text{ m}$$

- 32) Observa el siguiente montaje. ¿Qué altura alcanzará el mercurio en los dos tubos de la izquierda cuando se retire el tapón? ¿Por qué?



Alcanzará 760 mm. La presión atmosférica se pone de manifiesto sobre la superficie libre del mercurio, pues el nivel alcanza siempre la misma altura. La presión atmosférica actúa sobre el mercurio de la cubeta y «sostiene» la columna contenida dentro del tubo, lo que impide que esta baje más.

- 33) Asocia en tu cuaderno cada concepto con su definición o descripción:

Mapa meteorológico	Mapa en el que aparecen los valores de la presión atmosférica.
Corrientes de vientos	Desplazamiento de las masas de aire desde las zonas de alta presión a las zonas de baja presión.
Borrasca	El aire caliente se dilata y asciende dejando tras de sí una zona de baja presión
Anticiclón	El aire frío es más denso y desciende provocando una zona de altas presiones.
Superficie frontal	Región de separación entre dos masas de aire distintas.
Isobaras	Líneas que unen los puntos de igual presión.

- 34) Distingue entre frente de aire frío y frente de aire cálido. Copia en tu cuaderno este dibujo e identifica en él cada tipo de frente y dónde se ubican las masas de aire frío y cálido.

- a) Frente frío; las masas de aire frío están a la izquierda del mismo.  
b) Frente caliente; las masas de aire caliente están a la izquierda del mismo.

- 35) Justifica razonadamente la veracidad o la falsedad de los enunciados siguientes:

- a) Alrededor de un área de altas presiones, el aire se desplazará hacia las zonas que tengan una presión inferior girando, en el hemisferio norte, en sentido contrario al de las agujas del reloj.

Falso. Alrededor de un área de altas presiones, el aire se desplazará hacia las zonas que tengan una presión inferior girando, en el hemisferio norte, en el sentido de las agujas del reloj.

- b) En un mapa del tiempo las isobaras se trazan con un intervalo de 5 mb.

Falso. En un mapa del tiempo las isobaras se trazan con un intervalo de 4 mb.

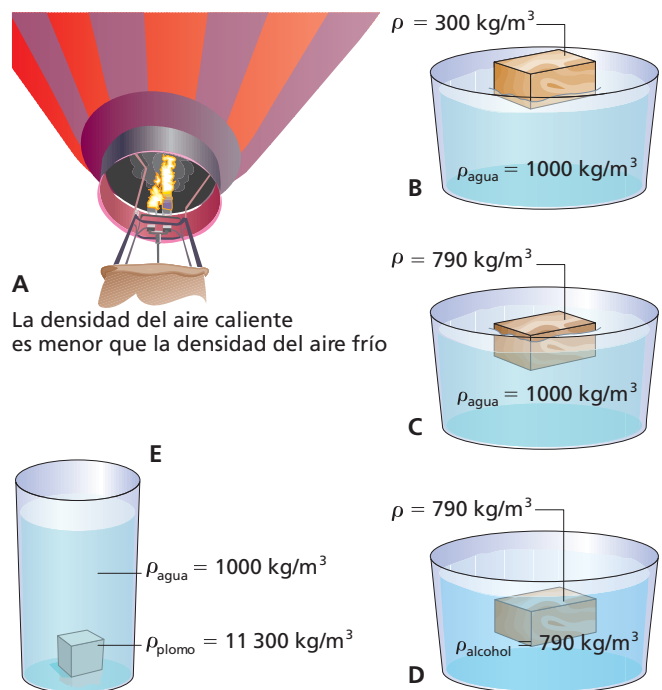
## Fuerzas de empuje. Principio de Arquímedes

- 36) Calcula la densidad de un trozo de mineral que pesa 28 N en el aire y 24 N en el agua.

$$24 \text{ N} = 28 \text{ N} - 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot V \rightarrow V = 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = 2,86 \text{ kg} / 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 7000 \text{ kg/m}^3$$

- 37) Observa las siguientes ilustraciones y contesta las preguntas:



a) Describe lo que sucede en cada una de las ilustraciones. ¿Qué diferencias aprecias entre las figuras B y C? ¿Y entre las figuras C y D?

- Como el aire caliente contenido en el interior del globo es menos denso que el aire exterior, el globo asciende.
- La densidad del sólido es inferior a la densidad del líquido (agua) y el cuerpo flota en el líquido.
- La densidad del sólido es inferior a la densidad del líquido y el cuerpo flota en el líquido, pero menos que en el caso B.
- La densidad del sólido es igual a la densidad del líquido y el cuerpo permanece en el interior del líquido en la posición en la que se deje.
- La densidad del sólido es superior a la del líquido y el cuerpo se hunde en el líquido.

b) Extrae conclusiones generales de tus observaciones teniendo en cuenta los valores de las densidades en cada caso.

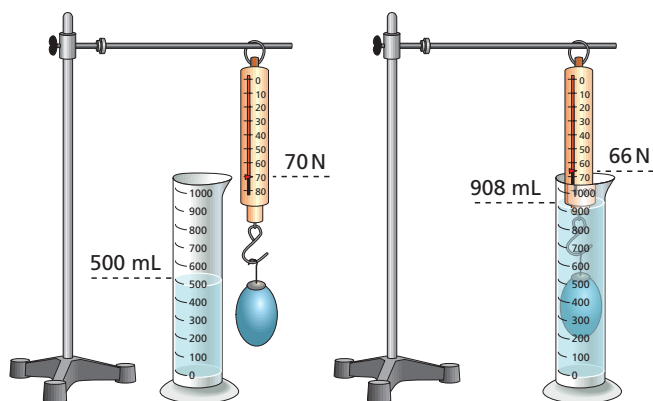
Si la densidad de un sólido es superior a la del líquido, aquel se sumerge en el líquido.

Si la densidad del sólido es igual a la del líquido, el sólido queda en equilibrio en su interior.

Si la densidad del sólido es inferior a la del líquido, aquel flota en él.

Un fluido menos denso que el medio que le rodea asciende en él.

38 Explica en qué consiste el montaje experimental del dibujo.



a) ¿Cómo varía el peso del cuerpo al sumergirlo en el agua?

El peso del cuerpo disminuye al sumergirlo en el agua.

b) ¿Qué sucede con el volumen del agua de la probeta?

Al sumergir el cuerpo en la probeta, el volumen del líquido es desplazado, es decir, aumenta su medida en la probeta..

c) ¿Hay alguna relación entre la variación del peso del cuerpo y el volumen del agua?

Sí, puede comprobarse experimentalmente que la variación del peso es proporcional al volumen del agua desplazada.

39 Diseña un experimento que te permita averiguar la densidad de un líquido desconocido (consulta en Internet las tablas de densidades de diferentes sustancias sólidas).

RESPUESTA LIBRE.

Conocida la densidad de un material sólido, por ejemplo, el aluminio, pesamos en el aire y en el líquido de densidad desconocida una pieza de aluminio. La diferencia de pesos es el empuje que la pieza de aluminio recibe en el líquido. Este empuje es

$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{líquido}}$ , de donde podemos deducir la densidad del líquido:

$$\rho_{\text{sólido}} = P_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{líquido}} / E; \rho_{\text{líquido}} = P_{\text{sólido}} \cdot E / P_{\text{sólido}}$$

Donde  $E = P_{\text{sólido}} - P_{\text{sólido sumergido}}$ .

40 Una piedra pesa 100 N, mientras que sumergida en el agua su peso disminuye 6 N.

Calcula su volumen y su densidad.

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{líquido}} = (m_{\text{sólido}} / \rho_{\text{sólido}}) \cdot g \cdot \rho_{\text{líquido}} = P_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{líquido}} / \rho_{\text{sólido}}$$

Despejando la densidad del sólido, resulta:

$$\rho_{\text{sólido}} = P_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{líquido}} / E = 100 \text{ N} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 / 6 \text{ N} = 1,67 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{sólido}} = (100 \text{ N} / 9,8 \text{ m/s}^2) / 1,67 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3 = 612 \text{ cm}^3$$

41 Un objeto de 10000 N de peso ocupa un volumen de 10 m<sup>3</sup>. ¿Flotará en un tanque lleno de aceite cuya densidad es de 935 kg/m<sup>3</sup>?

Sí flotará, porque la densidad del objeto es 102 kg/m<sup>3</sup>, inferior a la densidad del aceite.

42 Un material sólido de densidad 3200 kg/m<sup>3</sup> pesa 350 N en el aire y 210 N cuando se encuentra sumergido en un líquido de densidad desconocida. ¿Cómo podrías calcular la densidad de este líquido?

$$\rho_{\text{sólido}} = P_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{líquido}} / E, \text{ donde } E = P_{\text{sólido}} - P_{\text{sólido sumergido}}$$

Luego:

$$\rho_{\text{líquido}} = P_{\text{sólido}} \cdot E / P_{\text{sólido}} = 3200 \text{ kg/m}^3 \cdot 140 \text{ N} / 350 \text{ N} = 1280 \text{ kg/m}^3$$

43 ¿Qué sucede al sumergir un sólido en un líquido?

a) El peso del sólido es igual al empuje.

El sólido se sumerge en el líquido sin llegar al fondo, es decir, se encuentra en equilibrio en el seno del líquido.

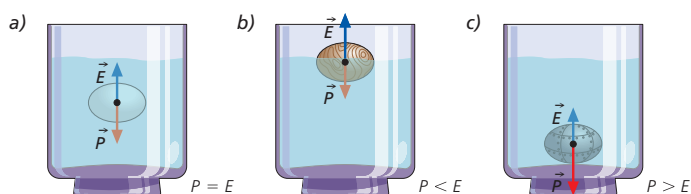
b) El peso es menor que el empuje.

El cuerpo se sumerge parcialmente, lo suficiente para que el peso del líquido desalojado sea igual al peso del cuerpo; es decir, flota.

c) El peso del sólido es mayor que el empuje.

El cuerpo se sumerge completamente y cae al fondo.

Ilustra las repuestas con tres esquemas gráficos.



- 44 Calcula la pérdida de peso que experimenta un bloque de forma cúbica de 15 cm de arista al sumergir 2/3 del mismo en un líquido cuya densidad es 1300 kg/m<sup>3</sup>. Interpretación del enunciado

Se trata de aplicar el principio de Arquímedes a un cuerpo que está parcialmente sumergido en un líquido.

La pérdida de peso que experimenta el bloque es el empuje que recibe la parte sumergida. Por lo tanto, hay que calcular el peso del volumen de líquido desalojado. Este volumen coincide con el del cuerpo sumergido.

El volumen del bloque que se encuentra sumergido será:

$$V = S \cdot h$$

donde  $S = 0,15 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m} = 0,0225 \text{ m}^2$  y la altura sumergida es:  $h = 0,15 \cdot 2/3 = 0,10 \text{ m}$ .

Luego:

$$V = 0,0225 \text{ m}^2 \cdot 0,10 \text{ m} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

El peso del volumen de líquido desalojado será el empuje, es decir, la pérdida de peso:

$$\text{Pérdida de peso} = V \cdot g \cdot \rho =$$

$$2,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1300 \text{ kg/m}^3 = 28,7 \text{ N}$$

- 45 Dudamos si una joya es de oro puro. Sabemos que su masa es de 0,12 kg y que su peso aparente en el agua es equivalente a 8 g menos. ¿Se trata de una joya de oro puro? Dato:  $\rho_{\text{oro}} = 19300 \text{ kg/m}^3$

$$E = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot V_{\text{joya}} = V_{\text{joya}} \cdot 1000 \cdot 9,8$$

$$V_{\text{joya}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{joya}} = 0,12 \text{ kg} / 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 15000 \text{ kg/m}^3$$

Luego no se trata de una joya de oro puro, pues su densidad es menor que la del oro.

- 46 Si la densidad de la plata es de 10500 kg/m<sup>3</sup>, averigua la cantidad de este metal que tiene un anillo que, al sumergirlo en agua, experimenta una pérdida aparente de peso equivalente a 1,5 g.

$$E = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = V_{\text{anillo}} \cdot 1000 \cdot 9,8$$

$$V_{\text{anillo}} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10500 = 15,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 15,75 \text{ g}$$

- 47 ¿Qué condiciones deben cumplirse para que un cuerpo sumergido parcial o totalmente en un líquido se encuentre en equilibrio?

1. Que el peso y el empuje sean iguales.
2. Que el centro de gravedad y el del empuje estén en la misma vertical.
3. Que el centro de gravedad esté más bajo que el centro de empuje.

- 48 ¿Cómo determinarías la densidad de estos cuerpos?

- a) Un sólido de forma cúbica del que conoces su masa y sus dimensiones.

La densidad se calcula dividiendo la masa entre el volumen, calculado éste elevando al cubo la arista del cubo.

- b) Un sólido de forma irregular del que conoces su peso en el aire y su peso sumergido en agua.

Se puede determinar directamente a partir de la siguiente expresión del principio de Arquímedes:

$$\rho_{\text{sólido}} = P_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{líquido}} / E$$

Conocemos las tres variables que necesitamos: el empuje (diferencia entre el peso en el aire y el peso del cuerpo sumergido), la densidad del agua, y  $P_{\text{sólido}}$ , que es el peso del cuerpo en el aire.

### LEE Y COMPRENDE LA CIENCIA

Primero eché en un vaso 16 libras<sup>1</sup> de mercurio y, tomando dos tubos de vidrio de grosor semejante de 4 pies<sup>2</sup> de largo cada uno, cerrados herméticamente en un extremo y abiertos por el otro, hice con ellos la misma experiencia en el mismo vaso; aproximando los dos tubos uno al otro, sin sacarlos del vaso, se vio que el mercurio que quedaba en ambos estaba al mismo nivel y que había en cada uno de ellos, por encima de la superficie del vaso, 26 pulgadas<sup>3</sup> con 3 líneas y media.

Hecho esto, procedí a dejar uno de los dos tubos en el vaso bajo observación continua. Con el otro tubo y una parte del mismo mercurio, subí a la cumbre del Puy-de-Dôme, que se eleva unas 500 toesas<sup>4</sup> por encima de donde realicé la primera experiencia, y descubrí que en el tubo no quedaba más que una altura de 23 pulgadas con 2 líneas de mercurio. Después, descendiendo de la montaña, hice en el camino la misma experiencia, siempre con el mismo tubo, el mismo mercurio y el mismo vaso, y allí encontré que la altura del mercurio en el tubo alcanzaba 25 pulgadas.

Blaise PASCAL

La experiencia del Puy-de-Dôme

Notas: <sup>1</sup> libra: unidad de masa anglosajona que equivale a 453,5 g; <sup>2</sup> pie: medida de longitud del sistema anglosajón que equivale a 30,5 cm; <sup>3</sup> pulgada: medida de longitud anglosajona que equivale a 2,54 cm; <sup>4</sup> toesa: antigua medida francesa de longitud que equivale a 1,946 m.

- a) ¿Qué magnitud mide la altura de la columna de mercurio?

La presión atmosférica.

- b) ¿Cómo se llama el instrumento medidor que se basa en este experimento?

Barómetro.

- c) ¿Qué pretende demostrar Pascal con la experiencia del Puy-de-Dôme? ¿Qué se puede deducir de la misma?

Pascal pretende demostrar que la presión atmosférica varía con la altitud. Se deduce que la presión atmosférica disminuye con la altura.

### PRESENTACIÓN

Puede ser interesante al final de la unidad, como respo de los contenidos.

### MAPA CONCEPTUAL

El profesor puede ir construyéndolo según las pautas dadas en las *Técnicas de estudio*.

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN

Prueba de evaluación A.

Prueba de evaluación B.

Evaluación de competencias.

9

## TÉCNICAS DE TRABAJO Y EXPERIMENTACIÓN

### Comprobación del principio de Arquímedes

Mediante este experimento vamos a comprobar el principio de Arquímedes, según el cual todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del volumen del fluido desalojado.

#### Materiales

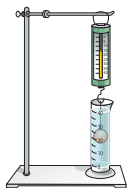
- Un dinamómetro
- Un soporte
- Una pinza metálica con nuez
- Una probeta graduada
- Una esfera de metal
- Agua
- Hilo

#### Procedimiento

- Cuelga una esfera de metal de un dinamómetro y anota su peso.
- Vierte agua en una probeta, hasta la mitad aproximadamente, y mide con cuidado el volumen tratando de no cometer **error de paralaje**.
- Sumerge la esfera (colgada del dinamómetro) en la probeta, procurando que el agua la cubra por completo, como se muestra en la figura. Anota su peso y mide también el nivel del líquido.
- Repite este procedimiento cinco veces.
- Copia la siguiente tabla en tu cuaderno y anota en ella los resultados obtenidos:

Experimento	Peso en el aire	Peso en el agua	Empuje $P_{\text{aire}} - P_{\text{agua}}$	Volumen inicial	Volumen final	Volumen desalojado	Valor medio
1	...	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...	...

- ¿Cuándo pesa más la esfera, antes o después de introducirla en el agua? Calcula la diferencia entre los valores medios del peso en el aire y en el agua, es decir, el empuje.
- Calcula el volumen de agua desalojado o el aumento de volumen, esto es, la diferencia entre el volumen del agua con la esfera sumergida y el volumen del agua antes de sumergirla.
- Calcula la densidad de la esfera.
- Calcula el peso del agua desalojada sabiendo que la densidad de esta es  $1\,000\text{ kg/m}^3$ . Compara este valor con el que has calculado para el empuje.
- ¿Qué empuje sufriría la esfera si se sumergiera en alcohol? Dato: densidad del alcohol =  $790\text{ kg/m}^3$



228 Física

## TAREA DE INVESTIGACIÓN

### Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo

El objetivo de esta TAREA DE INVESTIGACIÓN es aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos y a la interpretación de mapas del tiempo, reconociendo términos y símbolos específicos de la meteorología.

#### 1. Investiga

- ¿Cuáles son los términos y los símbolos específicos más utilizados en meteorología en general y en los mapas del tiempo en particular?
- Las relaciones que existen entre las variaciones de la presión atmosférica en las capas bajas y altas de la atmósfera y el tiempo meteorológico.

#### 2. Experimenta

Comprueba la existencia de la presión atmosférica con alguna de las experiencias que se describen en la unidad o con la experiencia del «invisible aplastador», que describimos a continuación:

Viente, con mucho cuidado, agua caliente en una botella de plástico de 330 ml o 500 ml. Espera unos segundos a que salga el vapor y, después, ciérrala muy bien y deja que se enfríe. Explica por qué se ha deformado la botella. Fotografía o graba un video de esta experiencia.



#### 3. Elabora

- Formad grupos de cinco alumnos como máximo para responder a las cuestiones iniciales y llevar a cabo el *investiga*.
- Haced una relación de los símbolos que aparecen más frecuentemente en los mapas del tiempo (borrascas, anticiclones, frentes, etc.) y redactad una ficha para cada símbolo junto con su significado. Realizad una presentación o un póster con estas fichas.
- Identificad los términos más utilizados en la explicación de los mapas del tiempo y en la divulgación de los pronósticos meteorológicos en los medios de comunicación. Redactad una ficha para cada término que incluya su significado. Construid una presentación o un póster con estas fichas.
- Descargad los mapas de isobaras de España durante una semana. Interpretad estos mapas y describid el tiempo meteorológico que predicen y justifican.
- Organizad esta información en una presentación o un póster.
- Presentad ante los otros grupos los resultados del *investiga* y del *elabora*.

#### Pautas de Resolución

Te proponemos que sigas estos pasos:

1. Búsqueda de información.
2. Selección y análisis de la información.
3. Organización de la información.
4. Realización de esquemas, informes, fichas y presentaciones.
5. Presentación y debate de los resultados.

#### AUTOEVALUACIÓN

Responde a las siguientes cuestiones para evaluar tu trabajo:

1. ¿Has realizado alguna experiencia para poner de manifiesto la existencia de la presión atmosférica?
2. ¿Has hecho fotos o grabado un video de la experiencia?
3. ¿Has buscado información para hacer las fichas de los símbolos de los mapas del tiempo o de los términos meteorológicos?
4. ¿Has redactado alguna de las fichas de los símbolos de los mapas del tiempo o de los términos meteorológicos?
5. ¿Has contribuido a la elaboración de los pósters o las presentaciones?
6. ¿Has participado activamente en la interpretación de los mapas del tiempo y en la posterior exposición de los resultados?
7. ¿Has respondido a las cuestiones iniciales y a las que se plantean en el *investiga*?

## Comprobación del principio de Arquímedes

### Soluciones de las actividades

1. ¿Cuándo pesa más la esfera, antes o después de introducirla en el agua? Calcula la diferencia entre los valores medios del peso en el aire y en el agua, es decir, el empuje.

Pesa más antes de introducirla en el agua. Se cumple que  $\text{Empuje} = \text{Peso real} - \text{peso aparente}$ .

2. Calcula el volumen de agua desalojado o el aumento de volumen, esto es, la diferencia entre el volumen del agua con la esfera sumergida y el volumen del agua antes de sumergirla.

El volumen del sólido es igual al volumen del agua desalojado. Por tanto, conocido el empuje, el volumen se calcula mediante la expresión:

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{agua}}$$

También se puede determinar calculando el volumen de la esfera ( $V = 4/3 \pi r^3$ ).

3. Calcula la densidad de la esfera.

Conocido el volumen del sólido, podemos conocer su densidad mediante la siguiente expresión:

$$\rho_{\text{sólido}} = P/g \cdot V_{\text{sólido}}$$

4. Calcula el peso del agua desalojada sabiendo que la densidad de esta es  $1\,000\text{ kg/m}^3$ . Compara este valor con el que has calculado para el empuje.

Se determina mediante la misma expresión del apartado anterior:

$$P = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{agua}}$$

Según el principio de Arquímedes, el empuje es igual al peso del agua desalojada.

5. ¿Qué empuje sufriría la esfera si se sumergiera en alcohol? Dato: densidad del alcohol =  $790\text{ kg/m}^3$

RESPUESTA LIBRE. Como la densidad del alcohol es menor que la del agua, el empuje que sufriría la esfera es menor.

## Presión atmosférica, fenómenos meteorológicos y mapas del tiempo

Los objetivos de esta tarea de investigación son:

- Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos.
- Interpretar los mapas del tiempo reconociendo los términos y símbolos específicos de la meteorología.

Los criterios de evaluación asociados a esta tarea son:

- Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos y a la interpretación de mapas del tiempo, reconociendo términos y símbolos específicos de la meteorología.
- Elaborar y defender un proyecto de investigación aplicando las TIC.

Al mismo tiempo se trabajan los estándares de aprendizaje evaluables siguientes:

- Relaciona los fenómenos atmosféricos del viento y la formación de frentes con la diferencia de presiones atmosféricas entre distintas zonas.
- Interpreta los mapas de isobaras que se muestran en el pronóstico del tiempo indicando el significado de la simbología y los datos que aparecen en los mismos.
- Elabora y defiende un proyecto de investigación, sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.

La tarea de investigación se puede iniciar al comienzo de la unidad o esperar al epígrafe 5 dedicado a la presión atmosférica. Hay que tener en cuenta que en esta tarea se completan los contenidos de este epígrafe por lo que es muy importante su realización.

No obstante, es recomendable realizar el experimento al iniciar el epígrafe 5.

Esta tarea puede ser realizada con grupos formados entre tres y cinco alumnos. Las actividades individuales serán repartidas por el propio grupo entre sus miembros.

Las cuestiones iniciales se resolverán al finalizar la tarea ya que están relacionadas con los objetivos de la misma y con las propuestas del *Investiga*.

El *Experimenta* se puede realizar en grupo o individualmente y tanto en el laboratorio como en casa. Insista en que se debe esperar un poco para que salga parte del vapor antes de cerrar la botella. El efecto no empieza a percibirse hasta que se enfría la botella y el proceso puede acelerarse introduciendo la botella en el frigorífico.

Conviene hacer la lista de los símbolos y los términos frecuente en meteorología en gran grupo para que no se quede ninguno sin trabajar. Se puede diseñar una ficha en común o que cada grupo elabore la suya.

Los productos finales de esta tarea son realizar varios posters o presentaciones y un vídeo. No hay debate pero sí una exposición en grupo de los resultados.

Los mapas de isóbaras pueden localizarse en la Agencia Estatal de Meteorología: <http://www.aemet.es/es/portada>

El apartado autoevaluación sirve tanto para que el alumno evalúe su trabajo como para que sepa qué es lo que se espera que realice, lo que contribuye a su motivación y organización personal.

Una posible plantilla para evaluar esta tarea podría valorar los siguientes aspectos:

	0	1	2	3
Has respondido las cuestiones que se plantean en el <i>Investiga</i> .				
Has identificado los términos más utilizados en los mapas del tiempo.				
Has contribuido a hacer la relación de los símbolos más frecuentes en los mapas del tiempo.				
Has participado en la redacción de las fichas de símbolos y términos meteorológicos.				
Has descargado los mapas de isóbaras y los has interpretado.				
Has realizado el <i>Experimenta</i> y justificado el resultado.				
<b>EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN, EL POSTER Y EL VIDEO O FOTO</b>				
Has contribuido a la realización de la presentación o el póster.				
Has presentado a los otros grupos los resultados del <i>Investiga</i> y el <i>Experimenta</i> .				
Has contribuido activamente a la realización del <i>Experimenta</i> .				
Has contribuido a la grabación y edición del vídeo.				
Has contribuido a la exposición ante la clase de la presentación.				
Has contribuido a la exposición ante la clase del vídeo.				

0: No respondido, realizado o colaborado; 1: Solo parcialmente; 2: Casi en su totalidad; 3: Excelente

## Objetivos, contenidos y metodología

TIPOS DE RECURSOS Y METODOLOGÍAS UTILIZADAS	
●	Actividades interactivas. Elaboración y comprobación de hipótesis.
○	Búsqueda de información en Internet.
▶	Visualización de vídeos.
□	Análisis de imágenes.

APARTADOS	OBJETIVOS Y CONTENIDOS	METODOLOGÍA	
<b>Presión hidrostática</b>	Conocer el concepto de presión. Analizar la relación existente entre fuerza, presión y superficie.	●	○
	Analizar qué factores influyen sobre la presión en el interior de un fluido.	●	
	Analizar el principio fundamental de la hidrostática.	●	○
	<b>Conceptos:</b> Presión, unidades de presión, presión hidrostática, principio fundamental de la hidrostática.		
<b>Principio de Pascal</b>	Conocer el principio de Pascal.	●	○
	Analizar el funcionamiento de la prensa hidráulica.	●	○
	<b>Conceptos:</b> Principio de Pascal, prensa hidráulica.		
<b>Presión atmosférica</b>	Analizar cómo varía la presión atmosférica con la altura.	●	○
	Analizar cómo varía la presión y temperatura con la altitud.	●	
	<b>Conceptos:</b> Presión atmosférica, unidades de presión, instrumentos para medir la presión.		
<b>Principio de Arquímedes</b>	Analizar qué factores intervienen en la fuerza de empuje de un líquido.	●	○
	Conocer el principio de Arquímedes.	●	○
	<b>Conceptos:</b> Fuerza de empuje de un líquido, principio de Arquímedes.		
<b>Tarea de investigación</b>	Identificar situaciones de borrasca y anticiclón en mapas meteorológicos.	●	○
	Identificar los símbolos específicos más utilizados en meteorología.	□	○



Estándar de aprendizaje evaluable	Actividades relacionadas del LA	Excelente 3	Satisfactorio 2	En proceso 1	No logrado 0	Puntos
1.1. Interpreta fenómenos y aplicaciones prácticas en las que se ponga de manifiesto la relación entre la superficie de aplicación de una fuerza y el efecto resultante.	2-4, 6 AF: 6	Relaciona adecuadamente los conceptos y extrae las conclusiones adecuadas.	Relaciona adecuadamente los conceptos y extrae parcialmente las conclusiones.	Relaciona con errores los conceptos sin extraer las conclusiones adecuadas.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
1.2. Calcula la presión ejercida por el peso de un objeto regular en distintas situaciones en las que varía la superficie en la que se apoya, comparando los resultados y extrayendo conclusiones.	1, 5, 7-10 AF: 1, 5, 7 ER: 1, 2	Realiza adecuadamente los cálculos de las magnitudes interpretando las relaciones entre ellas.	Realiza con algunos errores los cálculos de las magnitudes interpretando las relaciones entre ellas.	Realiza con errores los cálculos de las magnitudes aunque confunde algunas de las relaciones entre ellas.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
2.1. Justifica razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la profundidad en el seno de la hidrosfera.	11, 12 AF: 8-11 ER: 3, 4	Realiza correctamente todos los cálculos e interpreta los resultados.	Realiza correctamente todos los cálculos e interpreta parcialmente los resultados.	Realiza los cálculos con errores, sin interpretar los resultados.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
2.2. Resuelve problemas relacionados con la presión en el interior de un fluido aplicando el principio fundamental de la hidrostática.	13, 15 AF: 12-19, 21	Realiza correctamente todos los cálculos e interpreta los resultados.	Realiza correctamente todos los cálculos e interpreta parcialmente los resultados.	Realiza los cálculos con errores, sin interpretar los resultados.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
2.3. Analiza aplicaciones prácticas basadas en el principio de Pascal, como la prensa hidráulica, elevador, dirección y frenos hidráulicos, aplicando la expresión matemática de este principio a la resolución de problemas en contextos prácticos.	17-21 AF: 22-27 ER: 5	Relaciona adecuadamente los conceptos y realiza los cálculos necesarios.	Relaciona adecuadamente los conceptos y comete errores en los cálculos.	Relaciona con errores los conceptos, cometiendo también errores en los cálculos.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
2.4. Explica el abastecimiento de agua potable, el diseño de una presa y las aplicaciones del sifón utilizando el principio fundamental de la hidrostática.	14, 16 AF: 20	Relaciona adecuadamente los conceptos y realiza los cálculos necesarios.	Relaciona adecuadamente los conceptos y comete errores en los cálculos.	Relaciona con errores los conceptos, cometiendo también errores en los cálculos.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
2.5. Predice la mayor o menor flotabilidad de objetos utilizando la expresión matemática del principio de Arquímedes.	31-40; ER: 6-9 AF: 36-48 TtYE	Argumenta adecuadamente el comportamiento de los objetos utilizando el principio de Arquímedes.	Argumenta parcialmente el comportamiento de los objetos utilizando el principio de Arquímedes.	Argumenta parcialmente el comportamiento de los objetos sin referirse al principio de Arquímedes.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	

3.1. Comprueba experimentalmente o utilizando aplicaciones virtuales interactivas la relación entre presión hidrostática y profundidad en fenómenos como la paradoja hidrostática, el tonel de Pascal y los vasos comunicantes.	17 AF: 38	Idea o interpreta experimentalmente montajes para poner de manifiesto la relación entre presión hidrostática y profundidad.	Idea o interpreta parcialmente montajes experimentales sin poner claramente de manifiesto la relación entre presión hidrostática y profundidad.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.
4.1. Justifica razonadamente fenómenos en los que se ponga de manifiesto la relación entre la presión y la altura en el seno de la atmósfera.	26 AF: 28, 29, 31	Distingue los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Distingue los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.
5.1. Interpreta el papel de la presión atmosférica en experiencias como el experimento de Torricelli, los hemisferios de Magdeburgo, recipientes invertidos donde no se derrama el líquido, etc., infiriendo su elevado valor.	22-25 AF: 30, 32 LyCC	Argumenta la relación entre los fenómenos y reconoce la existencia de una elevada presión atmosférica.	Argumenta parcialmente la relación entre los fenómenos sin asociarlos a la existencia de una elevada presión atmosférica.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.
5.2. Describe el funcionamiento básico de barómetros y manómetros justificando su utilidad en diversas aplicaciones prácticas.	27, 28 AF: 29	Relaciona adecuadamente los conceptos y realiza los cálculos necesarios.	Relaciona con errores los conceptos, cometiendo también errores en los cálculos.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.
6.1. Relaciona los fenómenos atmosféricos del viento y la formación de frentes con la diferencia de presiones atmosféricas entre distintas zonas.	29, 30 AF: 33-35	Argumenta la relación entre los fenómenos describiendo todos sus elementos.	Argumenta parcialmente la relación entre los fenómenos describiendo con errores sus elementos.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.
6.2. Interpreta los mapas de isobaras que se muestran en el pronóstico del tiempo indicando el significado de la simbología y los datos que aparecen en los mismos.	TI	Extrae la información de los mapas relacionando los elementos gráficos y numéricos.	Extrae poca información de los mapas relacionando con errores los elementos gráficos y numéricos.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.
7.1. Elabora y defiende un proyecto de investigación, sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.	TI	Responde afirmativamente todas las preguntas de la autoevaluación de la tarea.	Responde negativamente la mayoría de las preguntas de la autoevaluación de la tarea.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.

AF: Ejercicios resueltos; LyCC: Lee y comprende la ciencia; TTyE: Técnicas de trabajo y experimentación; TI: Tarea de investigación

1. ¿Puede depender el efecto de una fuerza del tamaño de la superficie sobre la que actúa? Pon ejemplos. ¿Qué nombre recibe la magnitud que relaciona la fuerza y la superficie?

Sí; por ejemplo, utilizamos esquís o raquetas para desplazarnos por la nieve sin hundirnos y, por el contrario, utilizamos objetos afilados como instrumentos cortantes.

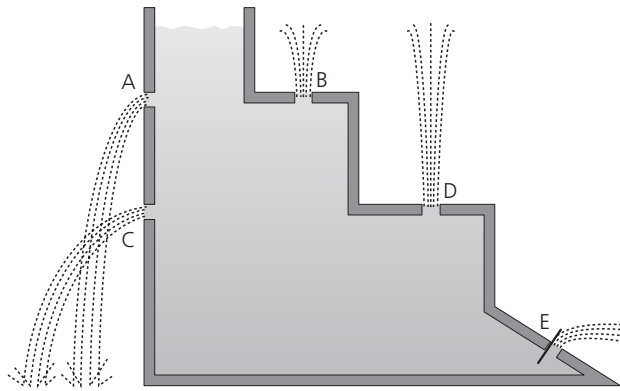
La magnitud que relaciona la fuerza y la superficie es la presión.

2. Calcula la presión que ejerce un prisma de 300 N de peso y 3 m<sup>2</sup> de área de la base sobre el suelo.

Se utiliza la expresión:

$$p = F/S = 300 \text{ N}/3 \text{ m}^2 = 100 \text{ Pa}$$

3. Dibuja la dirección de salida del agua por los orificios de este recipiente:



4. ¿Cuál es la presión que ejerce el agua en el fondo de una piscina de 2,5 m de profundidad?

Datos: densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>;

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Se hace uso de la expresión de la presión hidrostática:

$$p = r \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 24500 \text{ Pa}$$

5. Dibuja tres vasos comunicantes y justifica por qué el líquido alcanza el mismo nivel en los tres vasos.

Cuando varios recipientes, abiertos por su parte superior, se ponen en comunicación entre sí y se llenan con un líquido, se puede observar que en todos ellos el líquido alcanza la misma altura, independientemente de la forma de los mismos; todas las superficies de los líquidos quedan en el mismo plano horizontal (ver dibujo en página 213 del Libro del Alumno). Si el líquido alcanzara distintas alturas en cada recipiente, no habría la misma presión en el fondo del recipiente, por lo que el líquido no podría estar en equilibrio.

6. Los radios de los émbolos de una prensa hidráulica son 10 cm y 60 cm, respectivamente. ¿Qué fuerza se ejercerá sobre el émbolo mayor si sobre el menor actúa una fuerza de 600 N?

La presión ejercida sobre el émbolo pequeño se transmite por igual, sin variación, a todos los puntos del émbolo grande, luego:

$$F_B = F_A \cdot S_B/S_A = 600 \text{ N} \cdot 0,6^2 \text{ m}^2/0,1^2 \text{ m}^2 = 21600 \text{ N}$$

7. Responde verdadero o falso y justifica la respuesta:

- a) Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje dirigido hacia arriba.

Verdadero.

- b) El empuje que recibe un cuerpo es igual al peso del volumen del líquido desalojado.

Verdadero.

- c) El empuje se ejerce sobre el centro de gravedad del fluido desalojado.

Falso. El empuje se ejerce sobre el centro de gravedad del cuerpo sumergido.

8. ¿Qué nombre recibe el instrumento que sirve para medir la presión atmosférica? ¿Cómo funciona?

El barómetro es el instrumento que mide la presión atmosférica. Se basa en la variación de la presión atmosférica con la profundidad o la altura.

9. Una pieza de acero que pesa 600 N y ocupa un volumen de 5 dm<sup>3</sup> está sumergida en un líquido de densidad 900 kg/m<sup>3</sup>. Calcula:

- a) La fuerza de empuje que experimenta la pieza.

Según el principio de Arquímedes, el empuje equivale al peso del fluido desalojado:

$$E = V \cdot g \cdot \rho = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 900 \text{ kg/m}^3 = 44 \text{ N}$$

- b) Su peso aparente cuando está sumergida.

$$P_a = P - E = 600 \text{ N} - 44 \text{ N} = 556 \text{ N}$$

10. Analiza las diferentes situaciones que pueden suceder cuando se introduce un sólido en un líquido según sean las densidades del sólido y el líquido y, en consecuencia, las fuerzas peso y empuje. Realiza un esquema gráfico de las diferentes situaciones.

1. Si  $P > E$ , es decir,  $\rho_s > \rho_l$ , el cuerpo se sumerge completamente y cae al fondo.

2. Si  $P = E$ , es decir,  $\rho_s = \rho_l$ , el cuerpo se encuentra en equilibrio en el seno del fluido.

3. Si  $P < E$ , es decir,  $\rho_s < \rho_l$ , el cuerpo se sumerge parcialmente, lo suficiente para que el peso del fluido desalojado sea igual al peso del cuerpo; es decir, el cuerpo flota.

**LEE EL SIGUIENTE TEXTO Y CONTESTA LAS PREGUNTAS:**

La presión se tiene en cuenta, sobre todo, en dos partes de la bicicleta: en el contacto de las ruedas con el suelo y en el llenado de los neumáticos.

En el primer caso se tiene presente la presión en la fabricación de los neumáticos, fijándose la relación peso bicicleta-ciclista y superficie de contacto con las ruedas y con el suelo en un valor que sea, aproximadamente, el de cohesión de un suelo normal. Es decir, los suelos blandos exigirán neumáticos más anchos que los suelos duros para que el valor resultante de la presión sea menor y evitar así el hundimiento de las ruedas en el suelo.

En el segundo caso se trata de la fuerza del aire sobre las paredes internas de la cámara protegida por los neumáticos o del tubular. La movilidad de las moléculas de los gases trae consigo que cuando chocan con las paredes del recipiente o recinto que ocupan ejercen una fuerza sobre ellas, es decir, efectúan una presión.

J. SÁNCHEZ REAL  
La Física de la bicicleta

1. ¿Qué relación hay entre presión, fuerza y superficie? ¿Puede una misma fuerza dar lugar a una presión mayor o menor?

La relación entre presión, fuerza y superficie es:

$$p = F/S$$

Una misma fuerza puede dar lugar a una presión mayor o menor, dependiendo del área sobre la que actúe. A mayor área, menor presión.

2. ¿Por qué hay que tener en cuenta la presión en el llenado de los neumáticos?

Porque la presión es la producida por la fuerza del aire sobre las paredes internas de la cámara protegida por los neumáticos.

3. ¿Por qué los suelos blandos exigen neumáticos más anchos que los suelos duros?

Los suelos blandos exigirán neumáticos más anchos que los suelos duros para que el valor resultante de la presión sea menor y evitar así el hundimiento de las ruedas en el suelo.

4. ¿Qué presión ejerce sobre el suelo una losa de 15 kg de masa y 0,4 m<sup>2</sup> de superficie?

Se aplica la expresión de la definición de la presión:

$$p = F/S = 15 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 / 0,4 \text{ m}^2 = 367,5 \text{ Pa}$$

5. ¿Por qué el aire ejerce una presión sobre las paredes internas del neumático de la bicicleta?

La movilidad de las moléculas de los gases trae consigo que cuando chocan con las paredes del recipiente o recinto que ocupan ejercen una fuerza sobre ellas, es decir, efectúan una presión.

6. ¿Qué nombre recibe el instrumento que sirve para medir la presión de los gases encerrados en un recipiente? ¿Cómo funciona?

El manómetro es el instrumento que mide la presión de los gases encerrados en un recipiente. Se basa en la variación de la presión con la profundidad o la altura.

7. Un depósito de forma cúbica de 1 m de arista está lleno de agua. Calcula:

- a) La presión en el fondo del depósito.  
b) La fuerza que ejerce el agua sobre el fondo.

Dato:  $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

- a) La presión sobre el fondo del depósito es:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} = 9800 \text{ Pa}$$

- b) La fuerza que ejerce el agua sobre el fondo es perpendicular a su superficie:

$$S = l^2 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$$

Por consiguiente,

$$F = p \cdot S = 9800 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^2 = 9800 \text{ N}$$

8. Si en un tubo en U se vierte agua y luego, un líquido inmiscible que provoca una altura del agua de 20 cm y una altura del otro líquido de 26 cm, ¿cuál es la densidad del otro líquido?

Dato:  $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

Como son líquidos no miscibles, cada líquido forma una columna de cierta altura. En la interfase, la presión ejercida por cada columna será la misma:  $h\rho g$ . Entonces:

$$h_A/h_B = \rho_B/\rho_A$$

$$\rho_B = \rho_A \cdot h_A/h_B = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,2 \text{ m}/0,26 \text{ m} = 769,2 \text{ kg/m}^3$$

9. Calcula la densidad de un trozo de metal que pesa 30 N en el aire y 26 N en el agua.

Dato:  $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

Se aplica el principio de Arquímedes:

$$P_a = P - E = P - V \cdot g \cdot \rho$$

$$26 \text{ N} = 30 \text{ N} - V \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

La densidad del sólido será:

$$\rho_{\text{sólido}} = 30 \text{ N} / (9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3) = 7500 \text{ kg/m}^3$$