

Guía N° 1 **Hidrostática**

¿Por qué no hay montañas más altas? ¿Por qué los cuchillos son afilados y los clavos puntiagudos? ¿Por qué duele más la pisada de una mujer con tacones de aguja que la de elefante? ¿Cómo puede ser que haciendo una ligera fuerza sobre el pedal de freno frenemos un coche de una tonelada? ¿Cómo se regula la presión sanguínea en nuestro cuerpo? ¿Por qué si llenamos un vaso de agua, lo tapamos con un cartón y lo ponemos boca abajo no cae? ¿De qué nos habla el hombre del tiempo en la TV cuando menciona altas y bajas presiones? ¿Por qué cuando uno lleva esquís se hunde menos en la nieve?... Éstas y otras muchas son algunas situaciones bien conocidas que involucran el concepto de **presión**. Hacemos uso de este concepto en multitud de aplicaciones tecnológicas (gato hidráulico, freno hidráulico, presión de neumáticos...), biológicas (relacionada con fluidos biológicos, como la presión sanguínea) o simplemente relacionadas con los fluidos que nos rodean (presión atmosférica). En otras ocasiones, situaciones que involucran fuerzas deben en realidad entenderse en términos de presiones más que de fuerzas (¿por qué corta un cuchillo?)

¿Por qué las pisadas secan la arena?

La arena es un sistema físico fascinante. Su comportamiento se halla entre el del sólido y el del líquido. El reloj de arena podría ser el paradigma de esta intrigante ambigüedad. La arena fluye, como un líquido, desde el recipiente superior al inferior. Sin embargo, a diferencia del líquido, forma en este último un promontorio, en lugar de presentar una superficie horizontal. Arquímedes y Borges contemplaron, con mirada bien distinta pero con parecida intensidad, la arena de este instrumento. El primero llegó a efectuar una evaluación del número de granos de arena que hay en todas las playas de la Tierra. El segundo dedicó a la fugacidad de la arena en el reloj algunos poemas memorables e intensos.

La arena debe estas peculiaridades a la diversidad e irregularidad de sus granos, de diferentes formas y tamaños. Éstos, a su vez, interaccionan según fuerzas electrostáticas (fuerzas debidas a la atracción o repulsión de cargas eléctricas) cuya intensidad global depende tanto de la posición relativa de los granos como del medio (aire, agua dulce, agua salada) que llena los intersticios (espacio, generalmente pequeño entre dos cuerpos o partes del mismo cuerpo) que los separan. Muchos aspectos del comportamiento de la arena se hallan también en sistemas muy diferentes, como en las grandes cantidades de trigo y de arroz almacenadas en silos.

Para iniciar nuestra mirada sobre la arena, una pregunta: ¿por qué las pisadas secan, fugazmente, la superficie de la arena húmeda? Obsérvese lo sorprendente del fenómeno. Intuitivamente, uno esperaría que al hacer presión sobre la arena ésta liberara el agua de su interior, como una esponja, y diera lugar a una lámina líquida bajo la presión de las pisadas. Pero no es así: la presión del pie seca la arena húmeda de la playa. Ello es debido a que, por la diversidad de formas y tamaños de los granos, una ligera presión sobre la arena

produce una redistribución de las orientaciones relativas de éstos que conduce, en general, a un aumento del volumen de los intersticios. Como consecuencia, queda más espacio para el agua, y la zona bajo presión, en vez de expulsar el agua que contiene, se ve en condiciones de alojar mayor cantidad de ella. Es típico de la física recreativa un experimento en que se introduce arena y una cierta cantidad de agua en un recipiente de paredes transparentes y flexibles. Al apretar las paredes, el agua desaparece en el interior de la arena, Al cesar la presión, el agua fluye de nuevo hacia el exterior.

Que el rastro fugaz de nuestros paseos sobre la arena sea seco en vez de ser húmedo no es tan sólo una mera curiosidad para el paseante. Estas propiedades reológicas (la reología es la ciencia del fluir) son importantes en el estudio para el aprovechamiento óptimo en la extracción del aceite o del vino de los orujos de olivo o de uva. En las etapas finales de la extracción, no siempre un incremento de presión producirá una liberación de líquido. Así pues, estética y pragmática se combinan para hacer de este fenómeno un campo digno de detallado estudio.

Extraído de: *La Naturaleza y el Paisaje* de David Jou y Marià Baig, Págs. 37-38, Barcelona, Editorial Ariel, 1993. ISBN: 84-344-8020-4.

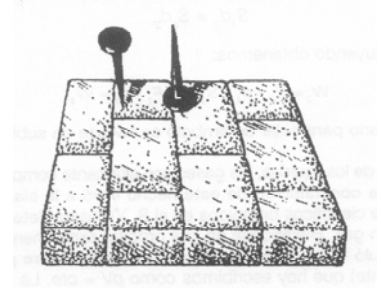
Estos ejemplos, además, son útiles para poner de manifiesto la diferente estructura microscópica de los tres estados de la materia. Gracias a que en condiciones normales los líquidos son incompresibles han podido desarrollarse aplicaciones tecnológicas como las mencionadas (que actúan generalmente de “multiplicadores de fuerza”). Y gracias a la gran compresibilidad de los gases pudieron nacer las primeras teorías científicas sobre la composición microscópica de la materia y los primeros modelos de partículas y se han podido desarrollar todas aquellas aplicaciones en que intervienen procesos de compresión y expansión.

¿Cuál es la diferencia entre los tres estados de la materia? A grandes trazos, los sólidos tienen forma y volumen definido (no fluyen), los líquidos tienen volumen definido, pero no forma (fluyen) y los gases no tienen ni forma ni volumen bien definido. Pero estas diferencias no son tan grandes como se tiende a imaginar. Aunque el hielo se considera como un sólido, el flujo de los glaciares es un hecho conocido y los vidrios e incluso las rocas tienden a fluir ligeramente bajo presiones elevadas.

Históricamente, el estudio de la presión nace con la aparición de las bombas de vacío cuyo uso puede ya encontrarse descrito por Galileo y que eran utilizadas fundamentalmente por mineros para subir agua. Con estas bombas, se vaciaba de aire el tubo por donde se pretendía subir el agua. Pero no se lograba que subiera más allá de 10.3 metros, y este fenómeno no era posible explicarlo en la época. Hay que pensar que en dicha época se creía firmemente en la teoría del horror del vacío, por la cual la naturaleza repelía la idea de vacío y éste tendía a succionar para llenarse. Pero por mucho vacío que se hiciera, el agua no subía más: no todo el vacío era llenado. Un alumno de Galileo, Evangelista Torricelli, propuso la existencia de la presión atmosférica y explicó este fenómeno: la presión en la base de la columna de agua era igual a la presión atmosférica; la columna de agua era soportada por el aire. No fue una idea fácil de aceptar para muchos, pero multitud de otros experimentos fueron llevados a cabo para mostrar tal fenómeno.

Para pensar un instante

Queremos clavar un clavo o un chinche en la pared. Tenemos dos posibilidades: intentar clavarlo de punta hacia la pared o con la parte redondeada hacia la pared (mira la figura). Si hacemos la misma fuerza F en ambas situaciones: ¿Cuándo es más fácil clavar el clavo? ¿A qué es debido si la fuerza es la misma en ambos casos?



Utilicemos nuestras conclusiones

- Recuerda ahora la pregunta que hacíamos antes: ¿Por qué crees ahora que cuando uno lleva esquís se hunde menos en la nieve?
- A partir de lo que hemos visto hasta ahora, ¿por qué crees que corta un cuchillo?
- Cuando afilamos un cuchillo, ¿por qué corta más que antes de afilarlo?
- Haz una lista de las variables que has considerado en cada ejemplo. -

Información

Así, gracias a los ejemplos que hemos visto hasta ahora podemos afirmar que la eficacia de una fuerza (para deformar) depende de la relación entre la fuerza que ejercemos y la superficie sobre la cual se aplica. Se necesita un nuevo concepto: la **presión**. La idea que hemos utilizado para entender los ejemplos anteriores es que la fuerza de alguna manera se “reparte” sobre la superficie donde actúa, y cuanto mayor sea el resultado de este reparto, mayor es el efecto que hace la fuerza.

Usemos un poco de matemáticas:

- Si queremos repartir dinero (pongamos 5000 pesos) entre diez personas, ¿qué haremos para saber cuánto le toca a cada uno?
- Así, nota que repartir se expresa matemáticamente con una división. Por tanto, para saber el efecto que hace una fuerza sobre una superficie hay que dividir la fuerza F entre la superficie S . Al resultado de esta división lo llamamos presión:

$$\text{presión} = \frac{\text{Fuerza aplicada a un cuerpo}}{\text{Superficie sobre la que se aplica}}; \quad p = \frac{F}{S}$$

- ¿Cuándo hay más superficie de contacto en el caso del clavo?
- ¿Cuándo hay más superficie de contacto en el caso de la nieve, cuando se llevan esquís o cuando no se llevan?
- Cuando hacemos la misma fuerza F sobre una superficie la mitad de pequeña, ¿qué le pasa a la presión?
- Si aumentamos la fuerza haciéndola 4 veces mayor y también aumentamos la superficie, haciéndola el doble ¿qué le pasa a la presión?

Información

Las unidades en el Sistema Internacional (SI) de las variables que estamos utilizando son:

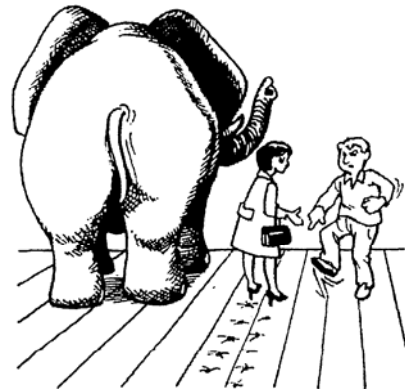
Fuerza (F): Newton [N]
Superficie (S): metros cuadrados [m²]
Presión (p): Pascal [Pa]

Aplicamos lo que hemos aprendido

1. Calculemos ahora qué presión ejerces tú sobre el suelo
 - a) ¿Qué peso tienes (en Newton)? Calcula la presión que ejerces sobre el suelo (la superficie de tus pies debe ser aproximadamente de 200 cm²).
 - b) Estarás de acuerdo en que la presión que ejerces tú sobre el suelo no es muy grande, entonces ¿cómo puede ser que hayas obtenido un número tan grande?
 - c) Si unos esquís tienen una superficie unas 10 veces mayor que tus pies, ¿cuánto valdrá la presión cuando vas en esquís en comparación con la anterior? ¿Por qué te hundes menos con los esquís que sin ellos?

2. ¿Qué debe doler más, una pisada de elefante o de una señora con tacones?

- a) Empecemos por el elefante. Un elefante pesa 62000 N, peso que se reparte sobre cada una de sus cuatro patas. Si la superficie de una pata de elefante es de 0.16 m², ¿qué presión hace sobre el suelo?
- b) Una señora elegante que pesa 500 N, lleva unos zapatos de tacón muy puntiagudo (tacón de aguja). Si la superficie del tacón es de 0.5 cm², ¿qué presión hace si nos pisa con el tacón?
- c) Coloca los resultados de los apartados anteriores en esta tabla y complétala:



	Masa	Peso	Superficie	Presión
Tú mismo				
Elefante				
Sra. con tacones				

A la vista de los resultados, ¿quién prefieres que te pise: un elefante de circo o una mujer con tacones?

3. ¿Hay más ejemplos como el del elefante?

Ya te habrás dado cuenta que a veces deseamos repartir la fuerza sobre una superficie grande para reducir la presión. Otras veces, queremos concentrar la fuerza en pequeñas áreas para conseguir grandes presiones.

- a) Coloca cada uno de los ejemplos siguientes en la columna correspondiente: pie de camello, los dientes de Drácula, los corchetes raquetas de nieve, patines para patinaje sobre hielo, uña, neumáticos de tractor, chinche, aguja, excavadora con “ruedas oruga”.

Fuerza muy concentrada: alta presión	Fuerza muy repartida: poca presión

- b) Explica un ejemplo de cada columna, indicando claramente cuál es la superficie y cuál la fuerza que actúa.
 c) Un niño esquimal se ha hundido a través de una delgada capa de hielo. Para salvarle, su padre acude arrastrándose sobre el suelo cuando se acerca a su hijo. ¿Por qué?

Información: ¿Por qué no hay montañas mayores?

Seguro que crees que el Everest (8848 m) es una montaña muy alta. Pero, ¿lo es tanto en realidad? Fíjate que dicha distancia la podrías recorrer andando en menos de 2 horas. Imagínate que pudieras observar la Tierra desde una nave espacial. ¿Cómo crees que aparecería el Himalaya? Piensa que las dimensiones de la Tierra son mucho mayores. ¿Qué son apenas 9 km frente a los 6370 km del radio de la Tierra? Bueno sí, tal vez podrías argumentar que bajo el mar también hay “montañas” (fosas, dirías). La más profunda es la fosa de las Marianas y tiene 11034 m de profundidad. Total, que la diferencia entre el punto más profundo y el más alto de la Tierra es de unos 20 km, un 0.33% del radio de la Tierra. Pero, ¿por qué deben ser tan bajas las montañas de la Tierra? ¿Es simple casualidad o existe alguna razón física?

Para entenderlo hay que saber algo de la estructura geológica de la Tierra. Ésta no es una simple bola rocosa maciza, más o menos arrugada, sino que está formada por diferentes capas de diferente estructura: en el centro hay el núcleo, sometido a enormes presiones, y sobre el mismo se extiende el manto. Los continentes, donde de nos hallamos nosotros, están en la corteza, formada por enormes placas de material rocoso flotando en el manto. Los océanos son masas de agua situadas casi directamente por encima del manto. Podemos imaginar a los continentes como icebergs flotando en el manto y un simple cálculo de las condiciones de flotabilidad nos indica que las placas deben tener un grosor medio de unos 31 km, es decir, muy finas, del orden de la diferencia de alturas entre la fosa de las Marianas y el Everest, por lo que las montañas no podrían ser mucho más altas de lo que realmente son (aún menos si se tiene en cuenta la erosión que va nivelando las rugosidades).

¿Qué pasaría si, sin embargo, tuviéramos montañas más altas? Si una montaña superara una altura de 30 km, la presión en su base sería tan elevada que licuaría la base. Observa que este resultado coincide con el del grosor medio de las capas continentales. Todo es consistente y tiene explicación.