Es muy corriente que las fuerzas se ejerzan sobre una superficie. De ahí que se defina la presión como la fuerza ejercida (perpendicularmente) sobre la unidad de superficie:

$$\boxed{P = \frac{F}{S}}$$

La unidad de presión S.I es el N/m^2 que recibe el nombre de **pascal** (en honor de Blas Pascal) y se abrevia como **Pa.**

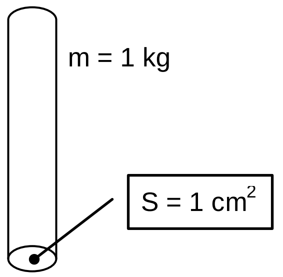
La presión puede darnos una medida del efecto deformador de una fuerza. A mayor presión mayor efecto deformador.

Ejemplos:

- La fuerza ejercida sobre un cuchillo se concentra en una superficie muy pequeña (el filo) produciendo una elevada presión sobre los objetos deformándolos (corte)
- Un esquiador, ejerce una presión baja sobre la nieve debido a que su peso se distribuye sobre la superficie de los esquís. De esta manera el efecto deformador de su peso disminuye y no se hunde.

El concepto de presión es muy útil cuando se estudian los fluídos. Éstos ejercen una fuerza sobre las paredes de los recipientes que los contienen y sobre los cuerpos situados en su seno. Las fuerzas, por tanto, no se ejercen sobre un punto concreto, sino sobre superficies.

Una unidad muy usada para medir la presión (aunque no es unidad SI) es el "kilo" (de presión), que es la presión ejercida por una masa de 1 kg sobre una superficie de 1 cm^2



$$P = \frac{F}{S} = \frac{m.g}{S} = \frac{1\,kg.10\,m.s^2}{1\,cm^2} = \frac{10\,N}{1\,\cancel{cm^2}}\,\frac{10^4\,\cancel{cm^2}}{1\,m^2} = 10^5\,\frac{N}{m^2}$$

$$\boxed{1 \text{ “kilo”} = 10^5\ N/m^2\ \ (Pa)}$$

Ejemplo 1.

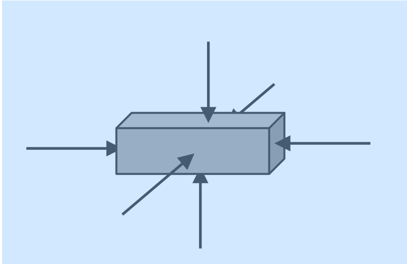
Calcular la presión ejercida sobre la mesa por un bloque de 5 kg si la superficie sobre la que se apoya tiene 50 cm^2.

Solución:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{m.g}{S} = \frac{5\,kg.10\,m/s^2}{50\,\cancel{cm^2}}\,\frac{10^4\,\cancel{cm^2}}{1\,m^2} = 10^4\ Pa$$

$$10^4\ \cancel{Pa}\ \frac{1\,kilo}{10^5\,\cancel{Pa}} = 0{,}1\,kilos$$

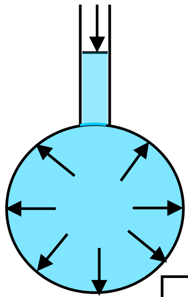
Los fluidos (líquidos y gases) ejercen sobre las paredes de los recipientes que los contienen y sobre los cuerpos contenidos en su seno fuerzas que (se puede comprobar experimentalmente) actúan siempre perpendicularmente a las superficies.



Blas Pascal (1623-1662)
Clermond Ferrand (Francia)

Inventó la primera calculadora en 1642 (llamada Pascalina)

Realizó importantes contribuciones a la hidrodinámica e hidrostática. Inventó la jeringa y la prensa hidráulica.



La presión ejercida en este punto, se transmite en todas direcciones.

Principio fundamental de la Hidrostática

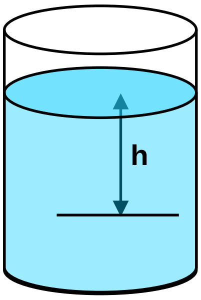
La presión ejercida por un fluido de densidad *d* en un punto situado a una profundidad *h* de la superficie es numéricamente igual a la presión ejercida por una columna de fluido de altura h y vale:

$$\boxed{P = d\ g\ h}$$

A la hora de sustituir los datos numéricos hay que tener cuidado que todos ellos estén expresados en un unidades SI

De aquí se deduce que la presión, para un fluido dado, depende únicamente de la profundidad.

Si consideramos fluidos distintos la presión, a una profundidad dada, dependerá de la naturaleza del fluido (densidad)



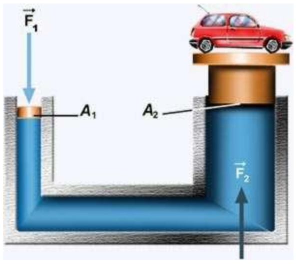
Principio de Pascal

Si en un punto de un fluido se ejerce una presión, ésta se transmite de forma instantánea y con igual intensidad en todas direcciones.

Una aplicación del Principio de Pascal es la prensa hidráulica.

La fuerza ejercida es igual en todo el fluido. Así:

$F_1 = F_2$; $\quad p_1 \cdot S_1 = p_2 \cdot S_2$



Ejemplo 2.

Calcular la presión que existe en un punto situado a 10 m bajo la superficie de la mar, sabiendo que la densidad del agua de mar es 1,03 g/cm^3.

Solución:

Aplicando el Principio Fundamental de la Hidrostática: P = d . g . h

Para poder sustituir los datos los expresamos en el S.I :

$$1{,}03\ \frac{\cancel{g}}{\cancel{cm^3}}\ \frac{1\,kg}{10^3\ \cancel{g}}\ \frac{10^6\ \cancel{cm^3}}{1\,m^3} = 1{,}03\ 10^3\ \frac{kg}{m^3}$$

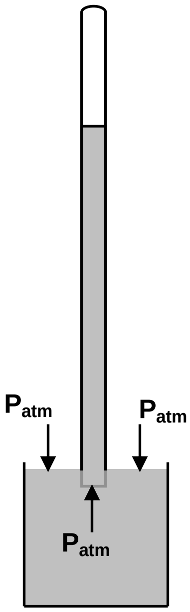
$$P = d\,g\,h = 1{,}03\ 10^3\ \frac{kg}{m^3}\ 10\ \frac{m}{s^2}\ 10\ m = 1{,}03\ 10^5\ Pa$$

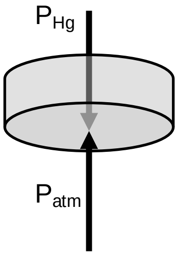
Nosotros vivimos inmersos en un fluido: la atmósfera que ejerce sobre nosotros una presión llamada **presión atmosférica.** Esta presión, según el Principio Fundamental de la Hidrostática varía, siendo mayor a nivel del mar que en una montaña.

Torricelli en 1643 fue el primero que logró medir la presión atmosférica mediante un curioso experimento consistente en llenar de mercurio un tubo de 1 m de largo, (cerrado por uno de los extremos) e invertirlo sobre un cubeta llena de mercurio. Sorprendentemente la columna de mercurio descendió unos centímetros permaneciendo estática a unos 76 cm (760 mm) de altura.

Torricelli razonó que la columna de mercurio no caía debido a que la presión atmosférica ejercida sobre la superficie del mercurio (y transmitida a todo el líquido y en todas direcciones) era capaz de equilibrar la presión ejercida por su peso.

Evangelista Torricelli
Faenza (Italia)
1608 - 1647





$$P_{atm} = P_{Hg} = \frac{W_{Hg}}{S} = \frac{m_{Hg}\,g}{S} = \frac{V_{Hg}\,d_{Hg}\,g}{S} = \frac{\cancel{S}\,h\,d_{Hg}\,g}{\cancel{S}}$$

$$\boxed{P_{atm} = d_{Hg}\,g\,h}$$

Como según se observa la presión era directamente proporcional a la altura de la columna de mercurio (h), se adoptó como medida de la presión **el mm de mercurio**. Así la presión considerada como normal se correspondía con una columna de altura 760 mm.

La presión atmosférica se puede medir también en atmósferas (atm):

1 atm = 760 mm = 101.325 Pa = 1,0 "kilo" (kgf/cm^2)

Otras unidades de presión comúnmente utilizadas, sobre todo en meteorología, son el **bar** y su submúltiplo el **milibar (mb),** que es igual a 100 Pa o **hectopascal (hPa)**

760 mm = 1 atm = 101. 325 Pa = 1,013 bar

1 mb = 10^{-3} bar

1 mb = 100 Pa = 1 hPa

Teniendo en cuenta estas equivalencias la presión "normal" equivaldrá a:

$$101.325\ \cancel{Pa}\ \frac{1\,mb}{100\ \cancel{Pa}} = 1013\,mb$$

Ejemplo 3

La consulta de la presión atmosférica en la prensa da como dato para el día considerado 1.023 mb. Expresar la presión en Pa , mm de mercurio, atmósferas y "kilos"

Solución:

Cálculo en Pa: $1.023\ \cancel{mb}\ \dfrac{100\,Pa}{1\ \cancel{mb}} = 1.023\,10^2\ Pa = 1{,}023\,10^5\ Pa$

Cálculo en mm. de mercurio: $1.023\ \cancel{mb}\ \dfrac{100\ \cancel{Pa}}{1\ \cancel{mb}}\ \dfrac{760\,mm}{101.325\ \cancel{Pa}} = 767\,mm$

Cálculo en atm: $1.023\ \cancel{mb}\ \dfrac{100\ \cancel{Pa}}{1\ \cancel{mb}}\ \dfrac{1\,atm}{101.325\ \cancel{Pa}} = 1{,}01\,atm$

Cálculo en "kilos": como 1 atm = 1 "kilo" ; 1,o1 atm = 1,01 "kilos"

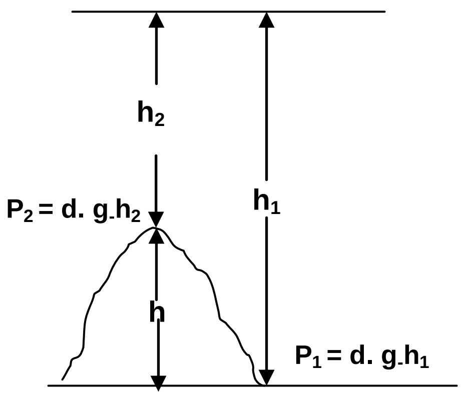
Nota: a la hora de efectuar los cálculos se parte siempre (excepto en el paso de atm a "kilos", debido a su simplicidad) del dato suministrado en el enunciado en vez de apoyarse sobre un resultado anterior con el fin de evitar posibles errores.

Ejemplo 4

Si a nivel del mar la presión es de 760 mm y en una montaña 635 mm. Calcular la altura de la montaña sobre el nivel del mar. Suponer que la densidad del aire es constante e igual a 1,3 g/litro

Solución:

Partiendo de la expresión: P = d .g. h la aplicamos a nivel del mar y en lo alto de la montaña:



Lo que deseamos calcular es **h**, es decir la altura de la montaña desde el nivel del mar:

$$h = h_1 - h_2$$

Restando las dos expresiones anteriores se obtiene:

$$P_1 - P_2 = d.\ g.h_1 - d.\ g.h_2 = d.\ g\ (h_1 - h_2) = d\ .\ g.\ h$$

Despejando la altura: $h = \dfrac{P_1 - P_2}{d\,g}$

Ahora tenemos que tener en cuenta que al sustituir los datos deben estar expresados en unidades S.I:

$P_1 - P_2$ = (760 – 635) mm = 125 mm ; $125\ \cancel{mm}\ \dfrac{101.325\,Pa}{760\ \cancel{mm}} = 16.665\,Pa$

$d = 1{,}3\ \dfrac{\cancel{g}}{\cancel{litro}}\ \dfrac{1\,kg}{10^3\ \cancel{g}}\ \dfrac{10^3\ \cancel{litros}}{1\,m^3} = 1{,}3\ \dfrac{kg}{m^3}$ $\qquad h = \dfrac{16.665\,Pa}{1{,}3\ \dfrac{kg}{m^3}\ 10\dfrac{m}{s^2}} = 1282\,m$

Los altímetros usados por los montañeros calculan la altura de las montañas basándose en este mismo principio.

Nota: Si quieres comprobar que efectivamente salen metros como resultado final puedes verificarlo echando un vistazo al cálculo siguiente:

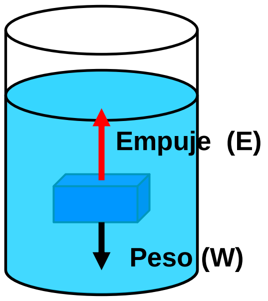
$$\frac{Pa}{\frac{kg}{m^3}\ \frac{m}{s^2}} = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{kg}{m^3}\ \frac{m}{s^2}} = \frac{\frac{kg\frac{m}{s^2}}{m^2}}{\frac{kg}{m^2}\ \frac{1}{s^2}} = \frac{\frac{\cancel{kg}\ m}{\cancel{m^2}\ \cancel{s^2}}}{\frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^2}\ \cancel{s^2}}} = m$$

Los fluidos ejercen fuerzas ascensionales sobre los objetos situados en su seno. La naturaleza y valor de estas fuerzas quedan determinadas en el Principio de Arquímedes

Arquímedes. Siracusa (Sicilia) 289 – 212 aJC

Principio de Arquímedes

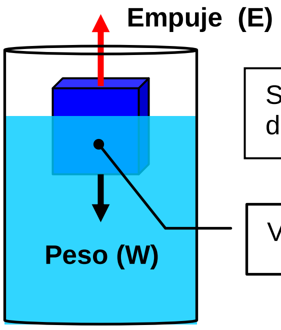
Todo cuerpo sumergido en un fluido (líquido o gas), experimenta una fuerza (empuje) vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado.



$$E = W_{liq} = m_{liq}\ g = V_{liq}\ d_{liq}\ g$$

Si el cuerpo está totalmente sumergido ocurre que el volumen de líquido desalojado es el volumen del cuerpo $V_{liq} = V_{cuerpo}$.

$$E = W_{liq} = m_{liq}\ g = V_{liq}\ d_{liq}\ g = V_{cuerpo}\ d_{liq}\ g$$

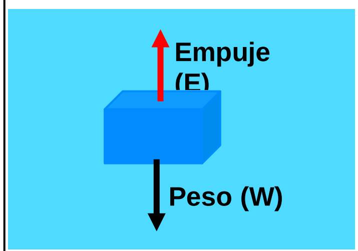


Si el cuerpo está flotando quedando sumergido sólo una parte de él, el volumen de líquido desalojado se corresponderá con el volumen sumergido.

Volumen de líquido desalojado (V_{liq}) es igual a volumen sumergido.

Si suponemos un cuerpo totalmente sumergido en un fluido sobre él actuarán el peso y el empuje, pudiendo darse tres casos:

- Que el peso y el empuje sean iguales: **E = W**. El cuerpo estará en equilibrio (fuerza resultante nula) y **"flotará entre aguas".**
- Que le empuje sea mayor que el peso: **E > W.** El cuerpo ascenderá y **quedará flotando**.
- Que el empuje sea menor que el peso : **E < W**. El cuerpo **se hundirá.**



Como: $E = V_{cuerpo} d_{liq}\ g$ y $W = m_{cuerpo}\ g = V_{cuerpo} d_{cuerpo}\ g$

Si E = W, podemos poner: $\cancel{V_{cuerpo}}\ d_{liq}\ \cancel{g} = \cancel{V_{cuerpo}}\ d_{cuerpo}\ \cancel{g}$

Repitiendo el cálculo establecemos las condiciones para que un cuerpo flote entre aguas, flote o se hunda:

- Flotará entre aguas si: $d_{liq} = d_{cuerpo}$
- Flotará si: $d_{liq} > d_{cuerpo}$
- Se hundirá si: $d_{liq} < d_{cuerpo}$

Ejemplo 5.

Calcular el empuje que sufre una bola esférica de 1 cm de radio cuando se sumerge en:

a) Alcohol de densidad d = 0,7 g/cm^3.

b) Agua, d = 1,0 g/cm^3.

c) Tetracloruro de carbono, d = 1,7 g/cm^3.

Solución

Según el Principio de Arquímedes el empuje es igual al peso del líquido desalojado. O sea:

$$\boxed{E = W_{liq} = m_{liq}\ g = V_{liq}\ d_{liq}\ g = V_{cuerpo}\ d_{liq}\ g}$$

El volumen de una esfera es: V = 4/3 π r ^{3}, luego para este caso:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi 1^3 cm^3 = 4{,}19\ cm^3 = 4{,}19.10^{-6}\ m^3$$

a) $E_{Alcohol}$= 4,19. 10 $^{-6}$ m^3 0,7 10 ^{3} kg/m ^{3} 10 m/s^2 = 0,03 N

b) E_{Agua}= 4,19. 10 $^{-6}$ m^3 10 ^{3} kg/m ^{3} 10 m/s^2 = 0,04 N

c) $E_{TetrClo}$= 4,19. 10 $^{-6}$ m^3 1,7 10 ^{3} kg/m ^{3} 10 m/s^2 = 0,07 N

Como se observa el empuje aumenta con la densidad del líquido.

Ejemplo 6.

Mediante un dinamómetro se determina el peso de un objeto de 10 cm^3 de volumen obteniéndose 0,72 N. A continuación se introduce en un líquido de densidad desconocida y se vuelve a leer el dinamómetro (peso aparente) que marca ahora 0,60 N. ¿Cuál es la densidad del líquido en el que se ha sumergido el objeto?

Solución:

El dinamómetro marca menos cuando se introduce el objeto en el líquido debido a que éste ejerce una fuerza (empuje) hacia arriba. El empuje lo podemos calcular estableciendo la diferencia entre el peso en el aire y lo que marca el dinamómetro cuando el objeto se encuentra sumergido en el líquido (peso aparente)

E = P_{aire} – $P_{aparente}$ = (0,72 – 0,60) N = 0,12 N

Utilizando ahora la ecuación: $E = V_{cuerpo}\ d_{liq}\ g$, despejamos la densidad del líquido:

$$d_{liq} = \frac{E}{V_{cuerpo}\ g} = \frac{0{,}12\ N}{10.10^{-6}\ m^3 10\ \frac{m}{s^2}} = 1{,}2.10^3\ \frac{kg}{m^3} = 1{,}2\ \frac{g}{cm^3}$$

Como se puede comprobar uno de los métodos utilizados en el laboratorio para determinar la densidad de líquidos está basada en el Principio de Arquímedes.

PROBLEMAS DE DENSIDAD, PRESIÓN, HIDROSTÁTICA, PRINCIPIO DE PASCAL Y FUERZAS EN FLUIDOS

0.- Calcula la densidad media de la Tierra (en kg/m^3) si su radio medio es de 6.398 Km y su masa de $5{,}96\cdot10^{24}$ Kg. El volumen de una esfera es $4/3.\pi.r^3$. *Sol.: 5432,8 kg/*m^3

1.- Calcula el volumen de un cuerpo sabiendo que su masa es 50 g y su densidad es 2000 Kg/m^3. Exprésalo en m^3 y cm^3. *Sol.:0,025* m^3

2.- ¿ Cuál es la masa, medida en kilogramos, de un mineral cuyo volumen es 2 m^3 y su densidad 12 g/cm^3. *Sol.. 24000 kg*

3.- Una silla de 10 Kg se apoya en el suelo sobre sus cuatro patas. La base de cada pata mide 12,5 cm^2. Calcula la presión que ejerce la silla sobre el suelo y cuánto aumentará al sentarse en ella una persona de 65 Kg de masa. *Sol.: 20000 Pa; Aumentará 130000 Pa*

4.- Una persona de 70 kg está apoyado en el suelo en sus zapatos, cada uno de los cuales tiene una superficie de 175 $cm^{2.}$. Halla la presión que ejerce sobre el suelo.

Si se pone de puntillas, la superficie de apoyo se recude a una cuarta parte de la original. ¿Cuánto vale la presión ahora y cuántas veces es esta presión la original?

Si nos apoyamos en unos eskies, cada uno con una superficie 10 veces la inicial, halla el nuevo valor de la presión y suántas veces es esta presión la original.

Sol.: 20000 Pa; $4.p_0$; $1/10.p_0$

5.- La fosa de las Marianas, en el océano Pacífico, alcanza una profundidad de 10870 m bajo el nivel del mar. ¿Cuál es la presión del agua a esa profundidad? ¿Cuántos m de mercurio (Hg) serían necesarios para igualar esa presión? La densidad del Hg es de 13,6 g/cm^3. ¿Y cuántos m de aire? La densidad del aire = 1,293 g/dm^3

Sol.:$1{,}087.10^8$ *pa; 792,6 m; 8406 km*

6.- ¿Qué fuerza ejerce la presión atmosférica normal sobre la superficie de una hoja de papel de 30 cm por 20 cm? La presión atmosférica es de 101.300 Pa. *Sol.: 6078 N*

7.- Un tubo de ensayo colocado verticualmente contiene agua hasta una altura de 5 cm y encima de ésta, 2 cm de aceite. Calcula la presión en el fondo del tubo debida a la presencia de los dos líquidos (d_{aceite} = 800 Kg/m^3). Exprésala en mm Hg. *Sol.: 660 Pa; 4,95 mm Hg*

8.- Un submarino se encuentra a 50 metros de profundidad en el mar. Sabiendo que la densidad del agua del mar es 1,025 g/cm^3, calcula la presión que está soportando el submarino y la fuerza que habría que realizar para abrir una escotilla de 0,5 m^2 de superficie. Tened en cuenta la presión atmosférica también. *Sol.: 613800 Pa; 306900 N*

9.- El barómetro señala en cierto lugar 750 mm Hg y, después de ascender cierta altura, la presión es de 744 mm Hg. ¿ Cuántos metros de desnivel hay desde uno a otro punto? (densidad del aire = 1,293 Kg/m^3). Dato: 760 mm Hg = 101300 Pa *Sol: 61,85 m*

10.- Un freno hidráulico transmite la presión desde una superficie de 5 cm^2 a una de 0,25 dm^2. Si hacemos una fuerza de 20 N sobre la superficie menor, calcula la fuerza que ejercerá sobre la superficie mayor. *Sol.:100 N*

11.- ¿Qué masa podemos elevar con una grúa si hacemos una fuerza de 500 N sobre el émbolo pequeño de la prensa hidráulica que lleva en su interior ? Un émbolo es circular de 10 cm de radio y el otro cuadrado, de 40 cm de lado. *Sol.: 254,7 kg*

12.- Calcula la fuerza que ejerce el líquido contra cada émbolo, si está sometido a una presión de 20 KPa. Superficies de los émbolos: 200 cm^2 y 8000 cm^2. *Sol.: 400 y 16000 N*

13.- Calcula el empuje que el aire atmosférico (d = 1,29 g/dm^3) ejerce sobre una persona de 70 Kg de masa si su volumen es de 65 dm^3. Calcula también su peso real y su peso aparente.¿Qué error relativo cometemos despreciando el empuje? *Sol.:700N;699,16 N; 0,12%*

14.- Un objeto tiene un peso fuera del agua de 70 N y dentro del agua de 50 N. Calcula su masa, su volumen y su densidad. *Sol.:7 kg; 0,002 m^3; 3500 kg/m^3*

15.- Se introduce en un recipiente un trozo de mármol de 30 g de masa. El peso aparente en agua es 0,20 N y en alcohol 0,22 N. ¿Cuál es el empuje en cada caso? *0,10; 0,08N*

16.- Un objeto de vidrio pesa 6 N en el aire y 4 N en un líquido. El volumen del líquido que desaloja es de 250 cm^3 . Calcula la densidad del líquido. *Sol.: 800 kg/m^3*

17.- Una bola de aluminio de 3 cm de radio, colgada de un dinamómetro se introduce en agua. ¿Cuál es el empuje que experimenta la bola? ¿Qué peso señalaría el dinamómetro al sumergir la bola? Responde a las preguntas anteriores en el caso de que la bola se introdujera en alcohol. (La d del alcohol es de 0,79 y la del aluminio 2,7 g/cm^3). *Sol.:E=0,36 N; 0,28 N*

18.-Un cubo de hierro de 4 cm de arista flota sobre mercurio. Calcula el volumen de hierro que emerge, así como la longitud de la arista que sale a la superficie, suponiendo que el cubo está en posición horizontal. (la densidad del hierro es de 7,9 g/cm^3 y la del mercurio es de 13,6 g/cm^3). *Sol.: $v_e = 2{,}68.10^{-5}$ m^3; 42% emergido; 1,68 cm emerge*

19.- Un iceberg es un bloque de hielo de grandes dimensiones que flota en el agua de los océanos polares. Determina que porcentaje de un iceberg emerge sobre la superficie del mar y qué porcentaje permanece sumergido. Díficil. *Sol.:91,68% sumergido*

20.- Un esquimal se desplaza sobre un río montado en un bloque de hielo de 1m^3 de volumen, de manera que la superficie de dicho bloque coincide con la del agua del río. ¿Cual es el peso y la masa del esquimal? *Sol: 91,68 kg*

21.- En un campeonato de tenis entregaron al ganador una copa de oro. Sin embargo, dudando que toda la copa fuera de oro, su ganador la pesó, obteniendo un peso de 13112 N y midió su volumen (obtuvo un resultado de 8,8 dm^3). En función de estos resultados, calcula la densidad de la copa y di si es de oro o no. Densidad oro es de 19300 Kg/m^3. *Sol.:14900 kg/m^3*