

zo es de 20 Kg/cm^2 , ¿cuál será la profundidad a la que puede bajar el buzo sin peligro?

(Nota: tomar la misma densidad del problema anterior).

{a) $P = 5.15 \text{ Kg/cm}^2$ b) 194.2 m }

9.- Un submarino nuclear, durante una travesía, soporta sobre su casco una presión de 100 Kg/cm^2 . ¿Cuál es la profundidad a la cual se sumergió?

Densidad del agua de mar = 1.03 g/cm^3 .

{ $h = 971 \text{ m}$ }

10.- En el problema anterior, si el submarino tiene un área de 400 m^2 , calcular la fuerza que se aplica sobre el casco del submarino.

{ $F = 4 \times 10^8 \text{ Kg}$ }

11.- Un cilindro de hierro de 8 cm de diámetro y 12 cm de altura se encuentra sumergido en una alberca. a) Calcular el volumen del cilindro. b) Calcular su peso. c) Calcular la presión que está soportando si se encuentra a una profundidad de 2.5 m . d) Calcular la fuerza que está actuando sobre sus extremos.

{a) $v = 602.9 \text{ cm}^3$ b) $w = 4.582 \text{ Kg}$ c) 250 g/cm^2
d) $F = 12.56 \text{ Kg}$ }

12.- Una alberca tiene una longitud de 20 m , 12 m de ancho y una profundidad de 2 m . a) Calcular la presión en el fondo de la alberca si el nivel del agua está a 1.5 m . b) Calcular la fuerza que está soportando el piso de la alberca con el agua a 1.5 m de altura. c) Calcular la presión en el fondo de la alberca si se llena totalmente.

{a) $P = 150 \text{ g/cm}^2$ b) $F = 3.6 \times 10^5 \text{ Kg}$ c) $P = 200 \text{ g/cm}^2$ }

13.- Calcular la presión en el fondo de una alberca que tiene 3.5 m de profundidad.

{ $P = 350 \text{ g/cm}^2$ ó 3.5 N/cm^2 }

3er. SEMESTRE.

FÍSICA.

UNIDAD VII.

PRINCIPIOS DE PASCAL Y ARQUÍMEDES.

El hecho de que los líquidos presionen hacia abajo, sobre el fondo de la vasija que los contiene, y hacia los lados sobre las paredes de la misma, es conocido hasta por aquellos que nunca han estudiado física. Pero muchos ni sospechan siquiera que los líquidos empujan también hacia arriba.

OBJETIVOS.

- 1.- Definir los enunciados relativos a cada uno de los términos, conceptos y principios incluidos en este capítulo.
- 2.- Enunciar el principio de Pascal.
- 3.- Resolver problemas relacionados con el principio de Pascal, a partir de los datos apropiados.
- 4.- Explicar el funcionamiento de la prensa hidráulica.
- 5.- Resolver problemas afines a la prensa hidráulica.
- 6.- Enunciar el principio de Arquímedes.
- 7.- Utilizar el principio de Arquímedes en la solución de problemas.

PROCEDIMIENTO.

- 1.- Lectura rápida y completa del capítulo para que te enteres del material a estudiar.
- 2.- Lectura para subrayar lo más importante del capítulo.
- 3.- Resumen de lo que consideres más importante del tema.
- 4.- Analiza despacio cada uno de los términos, antes de seguir con los demás objetivos.
- 5.- Analiza en forma detallada, cada uno de los ejemplos resueltos en tu texto.
- 6.- Resuelve los problemas dados en la autoevaluación, tratando de obtener las respuestas dadas al final de los problemas.
- 7.- Resuelve problemas de otros textos de Física que tengas a tu alcance, ya que la práctica en tu material, es lo que hará que obtengas mejores resultados.
- 8.- Cualquier duda que tengas no te quedes con ella, coméntala con tus compañeros, o si lo prefieres, con tu maestro.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar la evaluación de esta unidad deberás entregar, en hojas tamaño carta, los problemas del capítulo VI completamente resueltos.

CAPÍTULO VI.

PRINCIPIOS DE PASCAL Y ARQUÍMEDES.

6-1 INTRODUCCIÓN.

Sobre Arquímedes (287-212 a.C.) y sus aportes científicos se cuentan varias historias. Una de ellas narra que el rey Herón recurrió a su pariente Arquímedes para que determinara si su corona, recientemente entregada por un orfebre, era realmente de oro puro o tenía algún otro metal. Arquímedes estaba advertido que debía hacer su investigación sin causar el menor daño o deterioro al objeto real. Se cuenta que un día, al meterse a la tina de baño, observó que el agua se desbordaba; se le ocurrió entonces que la cantidad de agua salida de la bañera correspondía al volumen de la parte de su cuerpo que estaba dentro del baño. En consecuencia, si sumergía la corona dentro del agua podría saber, por el cambio del nivel del agua, el volumen de la corona, y en esa forma compararlo con el volumen de un mismo peso de oro. Si los dos volúmenes eran iguales, la corona estaría elaborada exclusivamente de oro puro. Si la corona tenía mezclada plata o algún otro metal, el volumen no sería equivalente. "¡Eureka! ¡Eureka!" ("Lo encontré! ¡Lo encontré!") salió gritando Arquímedes al haber observado este fenómeno mientras se bañaba. De esta historia se deriva el principio que lleva su nombre.

6-2 PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.

¿Ha tenido la oportunidad de levantar rocas u otros objetos pesados bajo el agua? Si lo ha hecho, habrá notado que es mucho más fácil mover un objeto bajo el agua que fuera de

ella. ¿Qué es lo que produce la aparente diferencia en el peso de un objeto cuando está bajo el agua y cuando está fuera de ella?

Por supuesto, el hecho de que un objeto sumergido en agua parezca perder peso fue observado hace mucho tiempo por el hombre. Se hicieron intentos para explicar este misterioso fenómeno.

Un cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido es sostenido por una fuerza igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo. Esto es lo que se conoce como Principio de Arquímedes.

Resulta sencillo comprender el principio de Arquímedes. Una forma de entenderlo es colocando un cuerpo colgando de un dinamómetro el cual nos marca el peso del cuerpo, luego introduciendo el cuerpo en un recipiente que contenga agua y observamos el dinamómetro, podemos ver que el peso del cuerpo ha disminuido (ver fig. 1).

Esto tiene su explicación. Imaginemos que el cuerpo está libre en el interior del líquido (fig. 1). Este cuerpo recibe una F , debido a la presión ocasionada por el líquido que está encima y el área del cuerpo; y actúa hacia abajo.

$$F_1 = P_1 A$$

$$F_2 = P_2 h_1 A$$

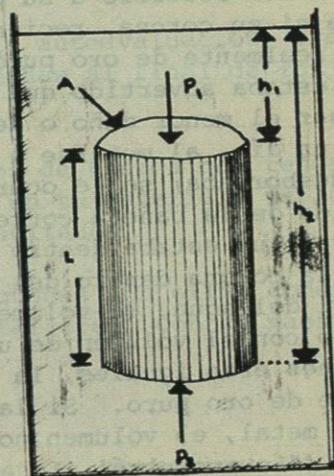


Fig. 1.

También recibe una fuerza F debido a la presión ocasionada por la altura h , sobre la base inferior. Esta fuerza es hacia arriba, ya que por el principio de Pascal la posición es en todas direcciones en ese punto y la única que afecta al cuerpo es la que actúa hacia arriba.

$$F_2 = P_2 A$$

$$F_2 = P_2 h_2 A$$

Como las dos fuerzas son contrarias, podemos calcular la diferencia:

$$F_A = F_2 - F_1$$

$$F_A = P_2 h_2 A - P_2 h_1 A$$

$$F_A = P_2 A (h_2 - h_1)$$

pero $(h_2 - h_1)$ es la longitud del cuerpo y tenemos:

$$F_A = P_2 A L$$

el producto $A L$ (área por longitud) es el volumen del cuerpo

$$F_A = P_2 V \tag{1}$$

donde V es el volumen del agua desalojada y el volumen del propio cuerpo. Por lo tanto, la fuerza ascendente que soporta un cuerpo sumergido, es igual al peso del líquido desalojado.

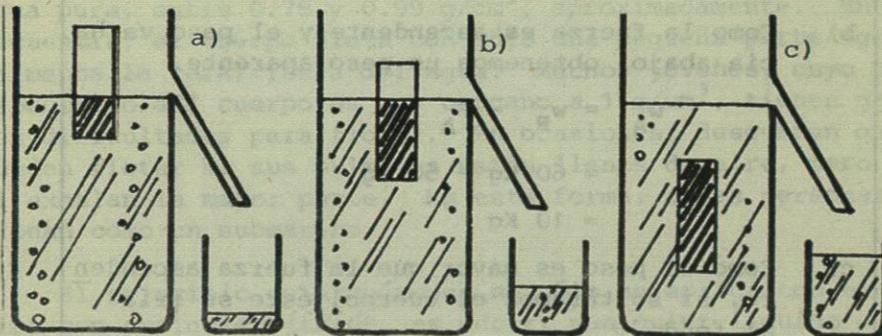


Fig. 2.

Cuando la fuerza ascendente es menor que el peso del cuerpo, ésta se va hasta el fondo y cuando se logra equilibrar, el cuerpo flota.

Ejemplo 1.

Un cuerpo de 60 Kg desaloja un volumen de 50 litros al sumergirse en agua. Calcular: a) la fuerza ascendente, b) si el cuerpo estuviera colgando de un dinamómetro, ¿cuánto marcaría? y c) ¿llega a flotar el cuerpo?

Datos: $w = 60 \text{ Kg}$, $V = 50 \text{ l}$, $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$
 Incógnitas: F_A y w aparente.

Solución:

a) Por la ecuación (1), tenemos:

$$\begin{aligned} F_A &= \rho V \\ &= 1 \text{ g/cm}^3 \times 50 \text{ l} \\ 1 \text{ l} &= 1000 \text{ cm}^3 \\ F_A &= 1 \text{ g/cm}^3 \times 50 \text{ l} \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{l} \\ &= 1 \text{ g/cm}^3 \times 5 \times 10^4 \text{ cm}^3 \\ &= 5 \times 10^4 \text{ g} \\ &= 50 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b) Como la fuerza es ascendente y el peso va hacia abajo, obtenemos un peso aparente.

$$\begin{aligned} w_A &= w_R - F_A \\ &= 60 \text{ Kg} - 50 \text{ Kg} \\ &= 10 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c) Como el peso es mayor que la fuerza ascendente, si soltáramos el cuerpo, éste se iría al fondo.

Cuando intentamos sumergir un cuerpo en un líquido, éste desplazará un cierto volumen de agua. Si seguimos sumergiendo el cuerpo, desplazará más agua. El volumen máximo que desalojará este cuerpo al sumergirse, será igual al volumen total del cuerpo, no importando la forma geométrica que tenga.

Cuando la fuerza ascendente es igual al peso del cuerpo, éste se quedará en equilibrio en la posición en que lo dejamos. Pero si la fuerza ascendente es menor que el peso ($F_A < w$), el cuerpo se irá hasta el fondo del depósito.

Una de las explicaciones más interesantes del principio de Arquímedes se encuentra en el funcionamiento de un submarino. Una nave que pesa unas 3000 toneladas. Primero se ve flotando, está en la superficie. Por lo que se sabe, este cuerpo flotante debe desplazar 3000 toneladas de agua.

Para lograr que vaya al fondo, se deja entrar agua de mar en unos tanques especiales colocados en el submarino. La embarcación se vuelve más pesada de modo que se hunde más y más. Con esto, el peso total de la nave es casi el mismo que el del agua desplazada por la nave. Ahora, la fuerza de empuje es menor que el peso de todo el objeto, por lo que el submarino se hunde. Se requieren cuidadosos ajustes para impedir que se hunda demasiado.

Cuando nadamos, las fuerzas que recibe nuestro cuerpo ilustran el principio de Arquímedes. El cuerpo humano tiene un peso específico promedio, ligeramente menor que el del agua pura, entre 0.78 y 0.99 g/cm^3 , aproximadamente. En consecuencia, el cuerpo flota con sólo una pequeña parte (generalmente la cara) fuera del agua. Muchos jóvenes, cuyo peso específico del cuerpo es muy cercano a 1 g/cm^3 , tienen grandes dificultades para flotar. En ocasiones, descubren que pueden flotar si sus pulmones están llenos de aire, pero no si exhalan la mayor parte. En esta forma, estas personas funcionan como un submarino.

El principio de Arquímedes no sólo se aplica con el agua sino con cualquier fluido, es decir, cualquier líquido o gas.

6-3 DESPLAZAMIENTO.

Los barcos, al flotar, desplazan agua aunque no pueda medirse elevación alguna en el océano. Pero lo podemos observar cuando se coloque una pelota de hule en un recipiente que contenga agua a un nivel prefijado.

Investigaciones similares se han hecho desde hace siglos y la conclusión ha sido siempre la misma:

Cuando un objeto flota en el agua, desplaza un peso de agua igual al peso del objeto.

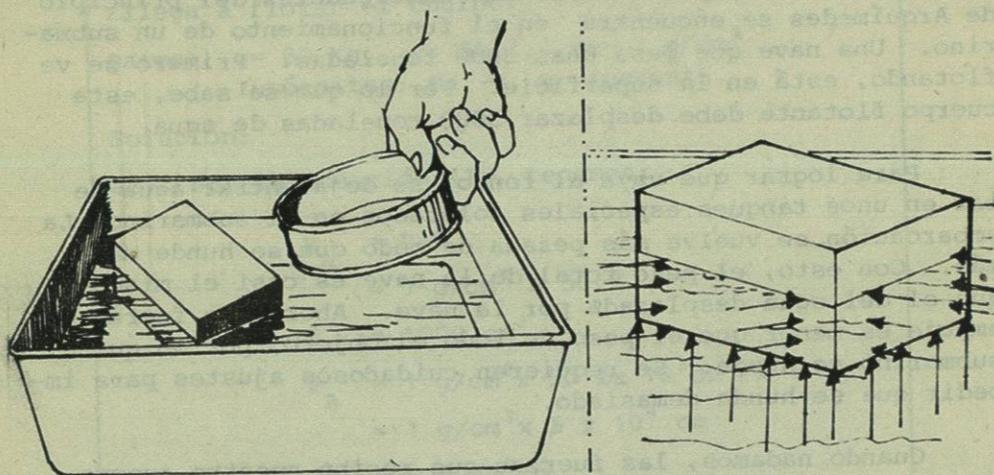


Fig. 2.

Existe el peso del cuerpo hacia abajo, pero ¿cuál es la fuerza hacia arriba que equilibra el peso de los cuerpos que se encuentran flotando?

Quizás al nadar hayas sentido las fuerzas que existen bajo el agua. Los sentidos de las fuerzas bajo el agua están indicados por las flechas a los lados del bloque. Las fuerzas opuestas que están sobre los lados opuestos, se equilibran entre sí, pero, ¿qué se puede decir de las fuerzas en el fondo del bloque? La fuerza hacia arriba que hace que el

cuerpo flote se le llama *fuerza de empuje*.

La fuerza de empuje es igual al peso del objeto que sostiene; y esta fuerza es debida a la presión que está soportando el cuerpo.

Un cuerpo cuya densidad media es menor que la del líquido en el cual se sumerge, puede flotar parcialmente en ese líquido. En este caso, el cuerpo se hundirá hasta que su peso quede equilibrado con la fuerza de empuje. Según el principio de Arquímedes, esa fuerza de empuje es igual al peso del líquido desalojado. Por lo tanto, el peso del líquido desalojado deberá ser igual al peso total del cuerpo flotante. Decir que un buque desplaza 10,000 toneladas de agua, es simplemente otra forma de expresar el peso del buque cargado, que será igual a 10,000 toneladas.

6-4 PRINCIPIO DE PASCAL.

Blaise Pascal (1623-1662) fue uno de los más extraordinarios científicos y experimentadores. Su genial mentalidad es el gran antecedente de las máquinas calculadoras y los aparatos hidráulicos, la geometría, la estadística y el cálculo fueron ampliamente enriquecidos por el pensamiento de este científico. En 1639, su padre fue nombrado recaudador de impuestos de Roven. Pascal fue testigo de lo difícil y agotador de aquel trabajo, e inventó una máquina calculadora que aliviara la excesiva actividad de su padre. En 1652, tenía un modelo en producción; fue ésta la primera máquina calculadora digital.

Otra de las investigaciones de este científico se conoce precisamente como el *principio de Pascal*: "La presión ejercida en cualquier lugar de un líquido contenido en un recipiente cerrado, se trasmite sin disminuir por todo el líquido y actúa en ángulo recto con respecto a todas las superficies del recipiente sin importar el área sobre la que se ejerce la presión". También se puede expresar: "Si se aplica un incre

mento de presión en cualquier punto de un fluido confinado, este incremento se trasmite sin disminuir a todas las partes del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene".

Para entender la razón de esto, sólo es necesario observar que cualquier incremento en la presión aplicado en un punto del fluido, debe originar un incremento igual en todos los demás puntos ya que de acuerdo con la ley fundamental de la hidrostática ($\Delta P = g\Delta h$), la diferencia de presión en dos puntos de un fluido conectado, está determinado únicamente por la distancia vertical Δh y por la densidad del fluido ρ .

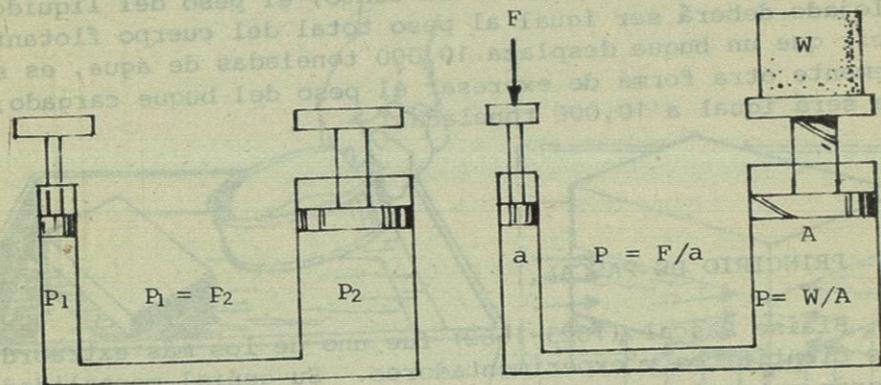


Fig. 3.

El principio de Pascal se aprovecha en el funcionamiento de la prensa hidráulica, una máquina que utiliza un líquido confinado y que se aplica en los gatos para elevar automóviles, en las mesas de operación en los hospitales, en los sillones de los dentistas y peluqueros, y en los frenos hidráulicos de los automóviles; para obtener en forma adecuada una relación grande entre la fuerza disponible a la fuerza aplicada (ventaja mecánica).

Una pequeña fuerza incidente "f" aplicada a un pistón de área pequeña "a" puede convertirse en una gran fuerza disponible "F" ejercida por un pistón de área grande "A" (fig.3). La presión P es igual bajo los dos pistones, puesto que están al mismo nivel horizontal dentro del mismo líquido.

De acuerdo con la ecuación $P = f/a$, el líquido ejerce una fuerza pequeña

$$F = Pa \quad (1)$$

sobre el pistón pequeño, en tanto que la fuerza ejercida sobre el pistón de área mayor "A" es

$$w = PA \quad (2)$$

Al dividir la segunda de estas ecuaciones por la primera, se obtiene:

$$\frac{w}{f} = \frac{PA}{Pa}$$

$$\frac{w}{f} = \frac{A}{a} \quad (3)$$

con lo cual se demuestra que la ventaja mecánica, F/f , está dada por la relación de las áreas de los pistones A/a . (Como se han ignorado los efectos de la fricción, este resultado es la ventaja mecánica ideal. El valor de la ventaja mecánica real será algo más pequeña).

Por la ecuación $\frac{w}{f} = \frac{A}{a}$, tenemos:

$$w = \frac{FA}{a}$$

donde w es el peso del cuerpo que se coloca en la sección del diámetro mayor, A es el área del cilindro del diámetro mayor, F es la fuerza que se aplica al pistón de menor diámetro y a es el área del cilindro del diámetro menor. Es por ello que se puede levantar un gran peso con una fuerza relativamente pequeña.

Ejemplo 2.

Se aplica una fuerza de 3 Kg en una prensa hidráulica. El diámetro del cilindro menor es de 4 cm y el mayor es de 40 cm. Calcular el peso que se tiene que colocar en el cilindro mayor para que se establezca equilibrio.

Datos: $D=40$ cm, $d=4$ cm, $F=3$ Kg
Incógnita: $W=?$

Solución:

Por la ecuación

$$W = F \frac{A}{a}$$

tenemos:

$$W = F \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

$$= F \frac{D^2}{d^2}$$

$$= 3 \text{ Kg} \times \frac{(40 \text{ cm})^2}{(4 \text{ cm})^2}$$

$$= 300 \text{ Kg}$$

AUTOEVALUACIÓN.

- 1.- Se desea construir una prensa hidráulica con un émbolo de 20 cm de área y el otro de 4 cm. Si en el émbolo menor se le aplica una fuerza de 80 Kg, ¿cuánto peso se tendría que agregar al émbolo mayor para que contrarreste a la fuerza?
{ $F=400$ Kg}
- 2.- En una prensa hidráulica el diámetro menor es de 2 cm y el diámetro del émbolo mayor es de 30.5 cm. ¿Qué fuerza tenemos que aplicar para subir un auto de 1300 Kg?
 $F=5.59$ Kg
- 3.- ¿Cuál será la fuerza máxima que se le puede agregar a una prensa hidráulica que tiene un pistón de 25 cm y otro de 6 cm, para levantar un peso de 3 toneladas?
{ $F=720$ Kg}
- 4.- Se aplica una fuerza de 20 Kg al émbolo menor de una prensa hidráulica. ¿Cuál es el peso máximo que podría sostener con esa fuerza si el diámetro del émbolo mayor es de 8 cm y el diámetro del émbolo menor es de 0.6 cm?
{ $F=3556$ Kg}
- 5.- Si la relación de diámetros de una prensa hidráulica es de 15, encontrar el peso que puede ser sostenido si le aplicamos una fuerza de 60 Kg al émbolo menor.
{ $F=1350$ Kg}
- 6.- ¿Cuál debe ser el diámetro del pistón mayor si se quiere levantar un peso de 350 Kg con una prensa hidráulica aplicándole una fuerza de 10 Kg en el pistón de diámetro igual a 2 cm.
{ $D=11.83$ cm}
- 7.- Una rampa hidráulica para levantar coches es un tipo de prensa hidráulica, hemos visto que donde subimos el coche tiene un diámetro de 1 pie (30.5 cm). Si levantamos el coche de 2350 Kg aproximadamente, con una fuerza de 45Kg, ¿cuál debe ser el diámetro del pistón menor?
{ $d=4.22$ cm}

- 8.- Si en una prensa hidráulica, la presión en el diámetro menor es de 6 Kg/cm^2 , ¿cuál deberá ser el peso que pueda levantar dicha prensa si el área del diámetro mayor es de 24 cm?
{W= 2714 Kg}
- 9.- Un cuerpo de 40 Kg es introducido en una pila llena con agua. Si se desalojan 35 litros de agua, calcular la fuerza ascendente.
{F= 35 Kg}
- 10.- Si el mismo cuerpo del problema anterior se introduce en una pila que contiene gasolina y desaloja 35 litros, ¿cuál deberá ser la fuerza ascendente que le proporcione la gasolina?
Densidad de la gasolina = 0.70 g/cm^3 .
{F= 24.5 Kg}
- 11.- a) ¿Cuál es el peso aparente que marcaría un dinamómetro en el cuerpo del problema 10? b) ¿Flotará el cuerpo en la gasolina?
{a) $w_a = 15.5 \text{ Kg}$ b) No.}
- 12.- Un barco trata de rescatar un bloque de fierro de 2,000 Kg sumergido en el mar. a) ¿Cuál será la fuerza ascendente de la caja? b) El peso aparente del cuerpo que lo sostiene. (ρ del agua de mar = 1.03 g/cm^3).
{a) $F_a = 271 \text{ Kg}$ b) $w_a = 1729 \text{ Kg}$ }
- 13.- Se construye una balsa de aluminio con dos placas de 0.5 cm de espesor, 0.6 m de alto y 1 m de largo. Otras dos placas de 0.5 cm de espesor, 2.25 m de largo y 0.6 m de alto; el fondo de la balsa es una placa de 0.6 cm de espesor, 1 m de ancho y 2.25 m de largo. Si se introduce en el agua, a) ¿flotará? b) si se introducen 3 personas de 65 Kg, ¿flotará? c) ¿cuánto se sumergirá con las tres personas dentro?
{a) Sí b) Sí c) 12.63 cm}

BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Alvarenga, Máximo.
FÍSICA GENERAL.
Ed. Harla, S.A.
México.
- 2.- Bueche, F.
FUNDAMENTOS DE FÍSICA.
Libros Mc Graw-Hill de México, S.A.
México, 1970.
- 3.- CIENCIAS FÍSICAS. Introducción Experimental.
Ed. Norma.
México, 1970.
- 4.- Schaum, Daniel.
FÍSICA GENERAL.
Libros Mc Graw-Hill de México, S.A.
México, 1970.
- 5.- Stollberg, Robert y Faith Fitch Hill.
FÍSICA. Fundamentos y Fronteras.
Publicaciones Cultural, S.A.
México, 1975.
- 6.- White, Harvey E.
FÍSICA MODERNA.
Montaner y Simon, S.A.
Barcelona, 1965.