

SÓLIDOS Y FLUIDOS

AUTOR: EDWIN GERARDO ACUÑA ACUÑA

OCTUBRE: 2020



San Marcos

Contenido

Introducción.....	3
Los átomos y la composición de la materia.....	4
Enlaces Atómicos:	5
a) Enlace iónico:	5
b) Enlace covalente:.....	5
c) Enlace metálico:	5
• Propiedades físicas.....	6
• Propiedades químicas.....	6
• Propiedades físico-químicas.....	6
• Propiedades generales.....	6
• Propiedades específicas.....	6
Estados de la materia.....	6
• Compresibilidad.....	7
• Viscosidad.....	7
• Punto de congelación.....	7
• Punto de ebullición.....	7
• Compresibilidad.....	8
• Presión.....	8
• Licuefacción.....	9
Descubrimiento de un nuevo estado de la materia.....	9
Tensión, compresión y corte.....	9
Presión.....	10
Principio de Pascal.....	11
Fluidos compresibles:	12
Fluidos incompresibles:	12
Principio de Arquímedes.....	14
Porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.....	14
Determinación de la densidad.....	16
Densidad para control de calidad.....	16
Por qué es fundamental un pesaje exacto.....	16
Movimiento de un fluido ideal.....	17



Características de los Fluidos Ideales.....	17
Propiedades de los Fluidos Ideales	18
Ejemplos de fluidos son:	18
Conclusiones y recomendaciones.....	19
Bibliografía	20

Introducción

En todo lo cotidiano encontramos estos elementos como al tomar un baño, respirar o beber agua, requieren necesariamente la circulación de fluidos. El estudio de los elementos de los fluidos puede ayudarnos tanto para comprender la complejidad del medio natural, como para mejorar el mundo que hemos creado. Si bien la mecánica de fluidos esta siempre presente en nuestra vida cotidiana, lo que nos falta conocer es como se expresa esta información en términos cuantitativos, o la manera en que se diseñan sistemas con base en este conocimiento, mismos que se utilizaran para otros fines. El conocer y entender los principios básicos de los fluidos es esencial en el análisis y diseño de cualquier y sistema en el cual el fluido es el elemento de trabajo.

Los átomos y la composición de la materia.

Por materia se entienden diversos conceptos en el estudio de la física y química. Según el primero, la materia es todo aquello que ocupa un lugar en el universo, posee una cantidad determinada de energía y está sujeto a interacciones y cambios en el tiempo, que pueden ser medidas o mensuradas. En la química lo expresa como que la materia es cada uno de los elementos constituyentes de la realidad objetiva, que pueden ser percibidos de la misma manera por sujetos diversos.

Lo como lo indica (Días-Solorzano, 2020, pág. 125) en su texto de física básica que las propiedades de un material y el comportamiento que éste tendrá al ser sometido a diferentes técnicas o procesos dependen básicamente de su constitución o estructura interna

La composición o constitución de la materia comprende las partículas elementales, átomos y moléculas, así como la manera en que éstos se unen. Lo establece (Bueche, 2009, pág. 123) que el átomo es la unidad elemental básica de la materia que puede experimentar un cambio químico, y está constituido por las partículas elementales. El átomo constituye dos partes diferenciadas.

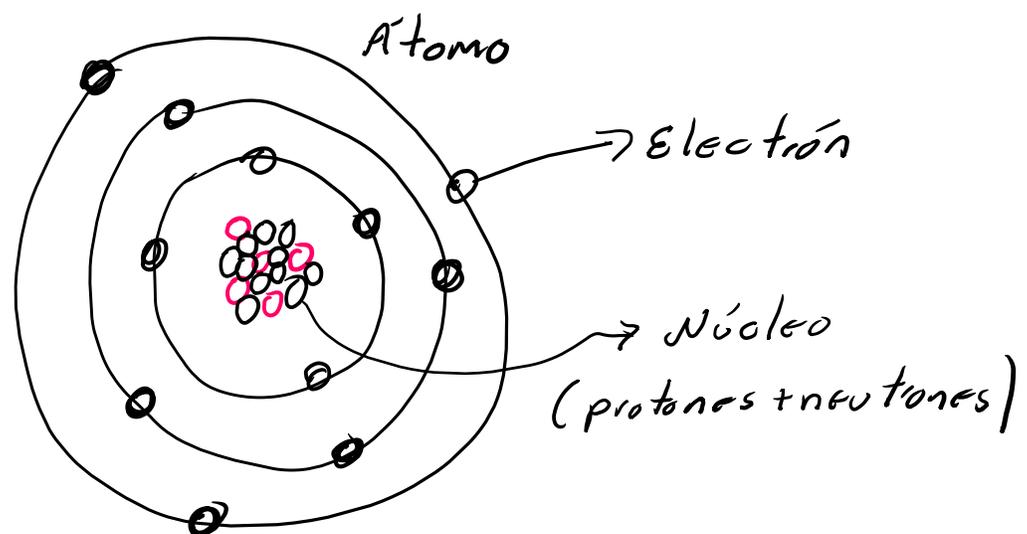


Figura 1. Átomo.
Fuente: propia

Enlaces Atómicos:

Los átomos se unen entre sí para formar moléculas mediante fuerzas de enlace. El enlace se define como la fuerza que mantiene juntos a grupos de dos o más átomos y hace que funcionen como unidad.

Según (Pérez, 2015, pág. 122) establece que los enlaces es la forma de unirse se denominan: Iónicos, Covalentes y Metálicos.

a) Enlace iónico: Las fuerzas de interacción entre dos átomos son altas debido a la transferencia de un electrón de un átomo a otro. Este hecho produce iones que se mantienen unidos por fuerzas eléctricas. Para que exista tal enlace un átomo debe ser altamente electronegativo y el otro altamente electropositivo. El caso más clásico se refiere a la sal común (NaCl) o cloruro de sodio.

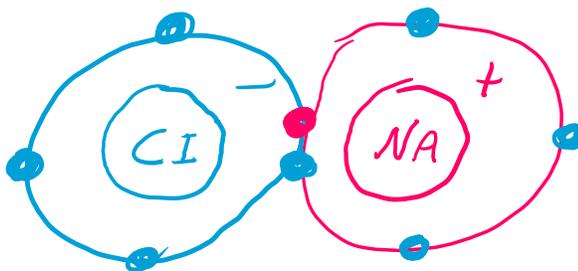


Figura 2. Cloruro de Sodio
Fuente: propia

b) Enlace covalente: Las fuerzas de interacción son relativamente altas. Este enlace se crea por la compartición de electrones. Las moléculas orgánicas (a base de carbono) emplean este enlace.

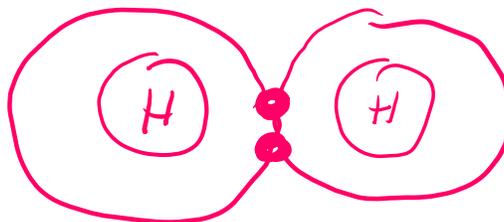


Figura 3. Dos moléculas de hidrógeno
Fuente: propia

c) Enlace metálico: Se da solo entre elementos metálicos, los cuales tienden

a ceder sus electrones y transformarse en iones positivos. Los electrones cedidos forman una nube electrónica alrededor de los iones y pueden desplazarse a lo largo de las estructuras cuando son obligados por alguna causa externa que suele ser un campo eléctrico generado por la tensión de un generador eléctrico.

Según (Hellingman, 1992, pág. 122) establece que la materia presenta propiedades de diversa naturaleza que pueden organizarse según su perspectiva:

- **Propiedades físicas.** Dependen de la sustancia misma y se manifiestan en su apariencia, su olor y sabor, su textura, su peso, su resistencia, etc.
- **Propiedades químicas.** Dependen de la configuración atómica de la sustancia y se ponen de manifiesto en su reacción con otras sustancias o compuestos, o ante diversas fuerzas como la electricidad o el magnetismo.
- **Propiedades físico-químicas.** Se trata de una perspectiva que reconcilia las dos anteriores.
- **Propiedades generales.** Aquellas propiedades compartidas por toda la materia, como el peso o la masa.
- **Propiedades específicas.** Aquellas propiedades únicas de cada tipo de materia, como el punto de ebullición o la densidad.

Estados de la materia.

Se debe tener en cuenta que la materia puede encontrarse en diferentes estados dentro de nuestro planeta: líquido, sólido y gaseoso. Fuera de la Tierra existe un cuarto estado, conocido como plasma, que abunda en lugares como el Sol y las estrellas.

En los estudios de (Hibbeler, 2010, pág. 122) establece que el estado líquido, podemos decir que los elementos que están compuestos por esta materia no

tienen una forma específica, sino que adoptan la del recipiente dentro del cual se encuentran. Esto se debe a la fuerza de cohesión entre las moléculas que componen esta sustancia. Este estado es el que menos abunda en su forma natural, ya que solo está presente en el agua, el petróleo y el mercurio.

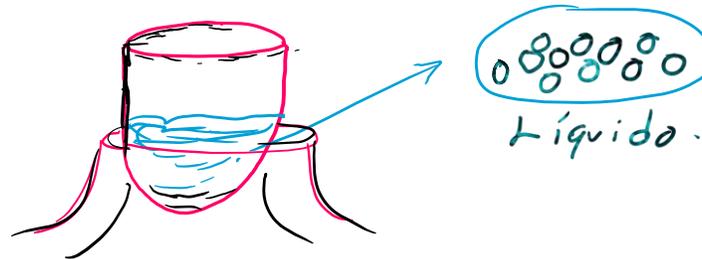


Figura 4. Líquido y componentes
Fuente: propia

La materia líquida fluye más o menos fácilmente, ya que sus partículas se encuentran vibrando rápidamente y se atraen con menor fuerza, permitiéndoles mantenerse juntas y tener un mismo volumen propio, pero no una forma propia determinada (sino la de su recipiente). Además, tienen las siguientes características:

- **Compresibilidad.** Esta es la medida en que la materia puede comprimirse o no, es decir, si sus átomos pueden obligarse a estar más próximos los unos a los otros. Está presente en los líquidos y en mayor medida los gases, pues los sólidos son incompresibles.
- **Viscosidad.** Dependiendo de qué tanta resistencia ofrezca sus partículas al movimiento lineal, el líquido fluirá más o menos fácilmente. A mayor viscosidad (como el asbesto), menor fluidez.
- **Punto de congelación.** La temperatura a la cual un líquido pasa a ser un sólido.
- **Punto de ebullición.** La temperatura a la cual un líquido pasa a ser un gas.

Por otra parte, el estado sólido tiene forma y volumen. Esto se debe a que sus moléculas se atraen fuertemente haciendo predominar la energía cinética

o de movimiento. Estas cualidades se modifican cuando el elemento es expuesto a cambios de presión o de temperatura.

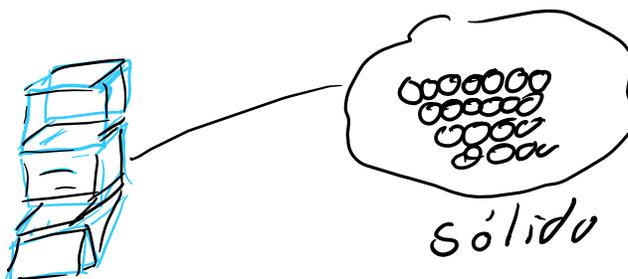


Figura 5. Sólidos
Fuente: propia

Los gases son un estado de la materia que no tiene ni forma, ni volumen. Tienen la característica que se mezclan entre sí cuando se ponen en contacto. Para medir sus cantidades y propiedades debe estudiarse su volumen, temperatura y presión.

Los gases son la presentación más dispersa, menos cohesionada y más volátil de la materia. No tienen forma ni volumen determinados, sino que tienden a ocupar todo el espacio disponible.



Figura 6. Gas
Fuente: propia

En sus estudios de la química (Pérez, 2015, pág. 65) establece que los fluidos y los afecta menos la gravedad. Tienen las siguientes propiedades:

- **Compresibilidad.** Mucho mayor que la de los líquidos.
- **Presión.** Los gases ejercen fuerza sobre todo lo que los contiene, por lo que “empujan” y presionan todo a su alrededor.

- **Licuefacción.** Aplicando grandes cantidades de presión, puede forzarse un gas a volverse líquido.
- **Condensación.** Similarmente, retirando energía calórica, se puede hacer un gas líquido.

Descubrimiento de un nuevo estado de la materia

Fuera de la Tierra existe un cuarto estado, conocido como plasma, que abunda en lugares como el Sol y las estrellas.

Tensión, compresión y corte.

Los elementos de una estructura deben de aguantar, además de su propio peso, otras fuerzas y cargas exteriores que actúan sobre ellos. Dependiendo de su posición dentro de la estructura y del tipo de fuerzas que actúan sobre ellos, los elementos o piezas de las estructuras soportan diferentes tipos de esfuerzos. Una fuerza sobre un objeto tiende a deformarlo, la deformación producida dependerá de la dirección, sentido y punto de aplicación donde esté colocada esa fuerza. Estas fuerzas tienen distintos orígenes:

- Debidas a su propio peso (toda estructura debe soportarse a sí misma).
- Debidas al peso, movimiento o vibraciones de los elementos que componen el conjunto del sistema técnico. Por ejemplo, el cuadro de una bicicleta no debe deformarse cuando una persona suba a ella o cuando coja baches mientras circula, etc.
- Debidas a agentes externos al propio sistema técnico. Por ejemplo, un puente no debe caerse por el efecto del viento, el tejado de una casa no debería venirse abajo cuando se acumule nieve sobre él, etc.
- Normalmente, cuando construimos una estructura lo hacemos para que ésta no se deforme cuando está trabajando. Sin embargo, hay

algunas estructuras que su trabajo lo ejercen deformándose y recuperando más tarde su forma original, pero esto es menos normal. Según los estudios de (Rex, 2011, pág. 85) que establece que la ley de Hooke es la cantidad de estiramiento o compresión (cambio de sentido), es directamente proporcional a la fuerza aplicada. De donde; F es la fuerza deformadora aplicada, K es la constante de elasticidad y x la deformación relativa. El máximo esfuerzo que un material puede soportar antes de quedar permanentemente deformado se denomina límite de elasticidad.

Estos tipos de esfuerzos mencionados están muy presentes en nuestra vida, como podemos ver en estructuras, muelles, objetos apoyados en superficies, cuerdas, etc. $F = K x$.

En un ensayo que está muy presente la ley de Hooke es en el ensayo de tracción, que nos permite estudiar el alargamiento de la probeta en función de la fuerza o carga actuante. La forma del diagrama depende del material a ensayar. En este caso, se trata de un material dúctil y maleable, como el acero extrasuave.

Presión.

La presión es una magnitud que mide el efecto deformador o capacidad de penetración de una fuerza y se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie. Se expresa como:

$$P = F/S$$

Su unidad de medida en el S.I. es el N/m², que se conoce como Pascal (Pa). Un pascal es la presión que ejerce una fuerza de un newton sobre una superficie de un metro cuadrado.

Responde a las siguientes preguntas:

- ¿Que presión ejerce sobre el suelo un vehículo de 1000 kg, sabiendo que cada una de sus cuatro ruedas se apoya sobre una superficie de 50 cm²?
- Una bailarina de 60 kg, se apoya sobre la punta de uno de sus piés.

Sabiendo que la superficie de la punta es de 8 cm², ¿Qué presión ejerce sobre el suelo?

c) ¿Cuál de los dos, el coche o la bailarina, ejerce más presión?

Respuesta

Para calcular la presión que ejerce el coche, debemos utilizar la siguiente expresión:

$$P = F/S$$

De esta ecuación, nos falta conocer la fuerza que ejerce el coche sobre el suelo, o lo que es lo mismo, su peso (F_p). Teniendo en cuenta que $F_p = m \cdot g$:

$$P = m \cdot g / S$$

Sustituyendo los valores que nos han proporcionado en la ecuación, obtenemos que:

$$P = 1000 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 / 2200 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow P = 490000 \text{ Pa}$$

Cuestión b)

Datos

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$S_{\text{pie}} = 8 \text{ cm}^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Resolución

Para calcular la presión que ejerce la bailarina, utilizaremos la expresión de la cuestión anterior:

$$P = m \cdot g / S \Rightarrow P = (60 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2) / (8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2) \Rightarrow P = 735000 \text{ Pa}$$

Cuestión c)

Aunque parezca increíble, una bailarina de tan solo 60 Kg ejerce más presión sobre el suelo con una pierna que un coche de 1000 kg.

Principio de Pascal.

La aplicación de esta ley puede observarse en diversos dispositivos que apelan a la energía hidráulica. De acuerdo a lo advertido por Pascal, el agua



que ingresa a un recipiente con las características mencionadas puede ser expulsada por cualquier agujero que tengan a la misma presión y velocidad. El Principio de Pascal dice que, al ejercerse una presión sobre un fluido, esta se ejercerá con igual magnitud en todas las direcciones y en cada parte del fluido.

Los fluidos pueden clasificarse en dos tipos de acuerdo con su comportamiento cuando se ejerce una presión sobre ellos:

Fluidos compresibles: Estos fluidos pueden expandirse o comprimirse dependiendo de la presión que se ejerza sobre ellos. Los gases son los fluidos compresibles por excelencia.

Fluidos incompresibles: Estos fluidos no cambian su volumen por efectos de la presión. Los líquidos y los sólidos son considerados incompresibles. En el texto de (Slisko, 2016, pág. 98) establece que el Principio de Pascal se recurre a la fórmula siguiente para cada uno de ellos fluidos:

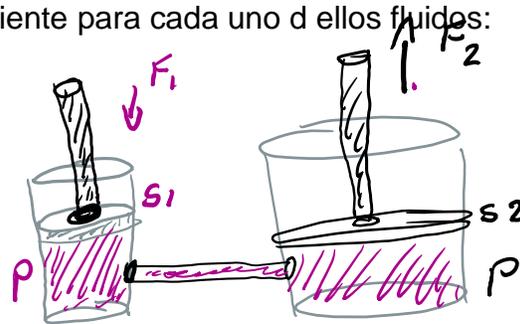


Figura 7. Principio de pascal
Fuente: propia

$p = p_0 + \rho g h$. En esta la p es la presión total a la profundidad; la h es la medida en Pascales; la p_0 es la presión sobre la superficie libre del fluido; la ρ es la densidad del fluido y la g es la aceleración de la gravedad.

El principio de Pascal es la clave del funcionamiento de las prensas hidráulicas, un tipo de máquina se toma como base para la creación de frenos, elevadores y otros dispositivos que se utilizan en las industrias.

En concreto, la citada prensa hidráulica es una máquina muy sencilla y de corte similar a la famosa palanca de Arquímedes.

Una prensa hidráulica suele estar formada por un par de cilindros que se

mantienen intercomunicados y que están llenos de aceite o de agua. A los lados de estos cilindros se instalan dos émbolos que se mantienen en contacto con el fluido. En el émbolo de menor sección se aplica una cierta fuerza, generando una presión que se transmite a la totalidad del líquido. De acuerdo a la mencionada ley de Pascal, dicha presión será idéntica a la ejercida por el líquido en el otro émbolo.

Se dispone de una prensa hidráulica con un émbolo de 50 cm de diámetro y otro émbolo con 3 cm de diámetro, ¿cuál es la fuerza requerida en el émbolo de menor diámetro para levantar 10000kg soportados sobre una plataforma encima del émbolo de mayor diámetro?

$$\text{Utilizando: } F_1/A_1 = F_2/A_2$$

$$F_2 = m \cdot g = (10000 \text{ kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) = 98100 \text{ N}$$

$$A = 3.1416 \cdot (D/2)^2$$

$$A_1 = 0.00070686 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0.19635 \text{ m}^2$$

$$F_1 = A_1 \cdot (F_2/A_2) = (0.00070686 \text{ m}^2) \cdot (98100 \text{ N} / 0.19635 \text{ m}^2) = 353.16 \text{ N}$$

Esto quiere decir que gracias a que el fluido es incompresible y a la aplicación del Principio de Pascal, podemos construir dispositivos para levantar objetos pesados aplicando fuerzas mucho menores al peso del objeto. Como podrás ver, esta pregunta tipo examen no fue tan complicada como parecía.

Principio de Arquímedes.

El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado.

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en las figuras:

El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.

La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.



Figura 8. Principio de Arquímedes
Fuente: propia

Porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.

Consideremos la propuesta de (Slisko, 2016, pág. 90), que establece que, en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido. La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual a $p \cdot dS$, donde p solamente depende de la profundidad y dS es un elemento de superficie.

Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje.

De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto, se cumple

$$\text{Empuje} = \text{peso} = r_f \cdot gV$$

El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido r_f por la aceleración de la gravedad g y por el volumen de dicha porción V .

Se sustituye la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.

Si sustituimos la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones. Las fuerzas debidas a la presión no cambian, por tanto, su resultante que hemos denominado empuje es la misma y actúa en el mismo punto, denominado centro de empuje.

Lo que cambia es el peso del cuerpo sólido y su punto de aplicación que es el centro de masa, que puede o no coincidir con el centro de empuje.

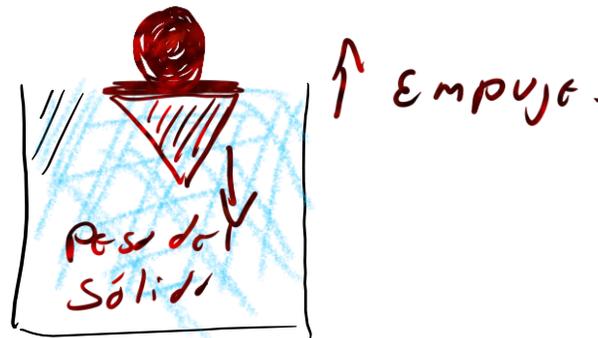


Figura 9. Empuje
Fuente: propia

Por tanto, sobre el cuerpo actúan dos fuerzas: el empuje y el peso del cuerpo, que no tienen en principio el mismo valor ni están aplicadas en el mismo punto.

En los casos más simples, supondremos que el sólido y el fluido son homogéneos y por tanto, coinciden el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

Determinación de la densidad.

La medición de la densidad es un parámetro de calidad importante tanto de las materias primas como de los productos acabados. Existen varias técnicas que permiten una determinación exacta de la densidad de materiales sólidos, líquidos y viscosos, por ejemplo, metales, plásticos, productos químicos, lubricantes y alimentos.

Densidad para control de calidad

En el texto de (Pérez, 2015, pág. 98) establece que una variación en la materia prima, indicada por un cambio en la densidad, podría tener un resultado perjudicial para el funcionamiento o la calidad del producto final. La medición de la densidad de materias primas puede usarse para confirmar la pureza del material. Si se ha adulterado una sustancia con una alternativa más barata, la densidad medida del material compuesto será diferente de la de la sustancia pura.

La densidad también puede servir para garantizar la homogeneidad. Si una pieza fabricada no es homogénea, podría verse afectados atributos de rendimiento clave como la fuerza y la resistencia al agrietamiento. Por ejemplo, incluso una burbuja de aire interna puede provocar, en última instancia, que una pieza falle al someterla a presión.

Por qué es fundamental un pesaje exacto

Los procedimientos gravimétricos de laboratorio habituales para la determinación de la densidad son la técnica de empuje de Arquímedes, el principio del desplazamiento y el método picnómetro.

El método más ampliamente usado es el de la técnica de empuje que usa el principio de Arquímedes, el cual afirma que: un cuerpo sumergido en un fluido manifiesta una pérdida de peso aparente igual al peso del fluido que desplaza.

En la parte histórica lo menciona (Paves, 2009, pág. 65) en este antiguo principio, que data del año 200 a. C. aproximadamente, es el que, precisamente, se usa hoy en día para determinar la densidad de forma gravimétrica. Por tanto, una medición exacta de la densidad depende en gran medida de la exactitud de los valores de peso.

Movimiento de un fluido ideal.

El el texto de física de (Newton, 1999, pág. 56) establece que el fluido ideal es conocido como la sustancia no viscosa, que se puede encontrar en estado gaseoso o líquido, de acuerdo con la temperatura en la cual sea utilizado. Los compuestos que pueden tener estos estados son los que no tienen fuerza de atracción hacia metales o entre sus moléculas.

A diferencia del resto de los fluidos, los ideales son utilizados por su maleabilidad para hacer combinaciones científicas, estos no tienen alto volumen, ni resistencia que les impida fluir ante sus propias moléculas o las de otros elementos.

Características de los Fluidos Ideales

- El fluido ideal no es viscoso, la fricción interna entre partes del fluido, se desprecia.
- Sus flujos no varían
- Cede de manera inmediata a cualquier fuerza
- No poseen forma.
- Adquiere la forma del envase que lo contiene.
- Tiene carencia de rigidez y elasticidad
- Flujo estacionario, con el tiempo la velocidad del fluido es constante.
- Fluido incompresible, con el tiempo es constante la densidad del fluido.
- Flujo irrotacional, en este momento el fluido no presenta ningún tipo de torbellinos. Es decir, no tiene rotación.
- Se encuentran en estado gaseoso y líquido.
- El fluido ideal conserva la estructura por no tener fricción interna o movimiento



que le permita cambiar de forma, la viscosidad y aumentar el

Propiedades de los Fluidos Ideales

Según (Newton, 1999, pág. 85) establece que el fluido ideal contiene propiedades que permiten hacer un mejor estudio de su estructura, entre estas se pueden mencionar:

- Presión: fuerza con la que aplican fluidos en las mezclas. Los fluidos ideales son excelentes para hacer combinaciones porque no tienen presiones o tensiones en sus moléculas.
- Densidad: relación entre volumen y masa de un elemento. La misma permite ver el tamaño y forma que alcanza el fluido, según la temperatura que ha sido manipulada.
- Viscosidad: apreciación que se tiene del fluido, de acuerdo al volumen. Los fluidos ideales tienen un nivel extremadamente pequeño de viscosidad, ejemplo: al mezclar aceite con agua se va a notar el aceite, demostrando de esta manera que el agua es un fluido ideal. en una región determinada, considerando longitud, altura y ancho.
- Tensión: Se mide de acuerdo con la fuerza que posee el fluido para atraer las moléculas.
- Capilaridad: cualidad que tiene una sustancia para la absorción de líquidos.
- Entre otros como: Peso y volumen específicos, Calor específico, Temperatura, Cohesión, Energía interna, Entropía y Entalpía.

Ejemplos de fluidos son: la sangre, aire, pintura, aceite, alcohol, agua, magma volcánica o lava, salsa de tomate, los gases nobles (xenón, neón, helio, kriptón, etc.), mezclas de agua y cemento o agua y harina.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio de los fluidos es una ciencia especializada en el estudio del comportamiento de los fluidos en reposo y en movimiento, y es parte fundamental del plan de estudios de muchas ciencias e ingenierías porque proporciona los fundamentos y herramientas necesarios para explicar y evaluar procesos y mecanismos, así como para diseñar equipos y estructuras que trabajan con fluidos en diversas áreas tecnológicas.

Esta ciencia envuelve un amplio rango de aplicaciones que tienen en común el aprovechamiento adecuado de los fluidos en beneficio del hombre o del medio ambiente.

Tales aplicaciones van desde el transporte de líquidos y gases en las industrias, la distribución de agua en las ciudades, la disposición de desechos líquidos, la generación de energía eléctrica, la explotación de aguas subterráneas, la conducción de agua para riego, la regulación del cauce de ríos, la protección de la línea costera, el transporte mediante vehículos terrestres, acuáticos y aéreos, hasta los equipos de diálisis y de respiración artificial.

Se descubrió en este texto que los fluidos son capaz de explicar y predecir el comportamiento y respuesta de los fluidos a las diversas situaciones encontradas en la realidad; además, está capacitado para realizar diseños y soluciones de ingeniería, desarrollar investigación aplicada y, gracias a su sólida base en ciencias físicas y matemáticas, realizar transferencia tecnológica; es decir, interpretar, adaptar y aplicar la tecnología a la realidad nacional.

Bibliografía

- Bueche, F. J. (2009). *Física General. Décima edición*. México D.F: McGraw-Hill Companies.
- Días-Solorzano. (08 de 11 de 2020). <http://www.scielo.org.mx>. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v56n2/v56n2a5.pdf>:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v56n2/v56n2a5.pdf>
- Hellingman. (1992). "Newton's third law revisited". USA: Phys. Educ. .
- Hibbeler, R. C. (2010). *Engineering Mechanics*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Newton, I. (1999). *The Principia Mathematical Principles of Natural Philosophy*. University of California Press.: Berkeley: .
- Paves, F. J. (2009). *Física 3º año medio*. . Santiago de Chile: McGraw-Hill.
- Pérez, H. .. (03 de 11 de 2015). *Ebookcentral*. Obtenido de <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/lib/biblioteca-fuaasp/reader.action?docID=4569671&query=F%C3%ADsica>
- Rex, A. F. (2011). *Fundamento de Física*. Madrid. España: PEARSON.
- Slisko, J. (03 de 11 de 2016). *Física I*. Obtenido de [Ebooks7-24.com.proxy.bidig.areandina.edu.co:2048/onlinepdfjs/view.aspx](http://www.ebooks7-24.com.proxy.bidig.areandina.edu.co:2048/onlinepdfjs/view.aspx): <http://www.ebooks7-24.com.proxy.bidig.areandina.edu.co:2048/onlinepdfjs/view.aspx>



www.usanmarcos.ac.cr

San José, Costa Rica