



INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR

# APUNTES DE CATEDRA

FÍSICA BIOLÓGICA

Prof.: Sergio Arriola | Tecnicatura Superior en Laboratorio | 2020

## PROGRAMA DE LA MATERIA

### Unidad Nº 1: Conceptos introductorios y Materia

Átomos: Modelo elemental, protones, electrones y neutrones. Estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Modelo Cinético de Partículas, cambios de estado. Propiedades de los materiales.

### Unidad Nº 2: El reposo y el movimientos de los Fluidos

Concepto. Presión en sólidos y líquidos. Presión atmosférica, absoluta, y manométrica. Densidad y peso específico. Principio de Pascal. Prensa hidráulica. Teorema fundamental de la hidrostática. Principio de Arquímedes. Flotación.

Caudal. Ecuación de continuidad. Teorema de Bernoulli.

### Unidad Nº 3: Termodinámica

Calor y temperatura. Calor específico. Propagación del calor. Dilatación lineal, superficial y volumétrica. Calorimetría. Intercambio de energía calórica. Equilibrio térmico.

Termodinámica Cambios de fase. Primera y Segunda ley de la termodinámica. Producción y disipación del calor por el organismo. El hombre como sistema termodinámico. Aplicaciones biomédicas.

## DESARROLLO DEL PROGRAMA

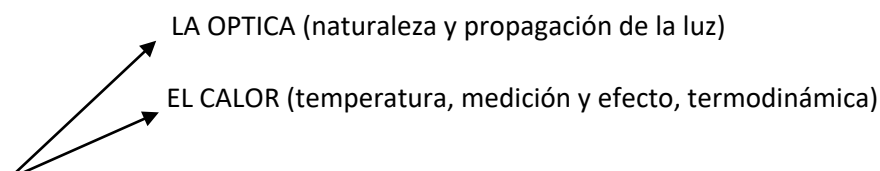
### UNIDAD I: CONCEPTOS INTRODUCTORIOS Y MATERIA

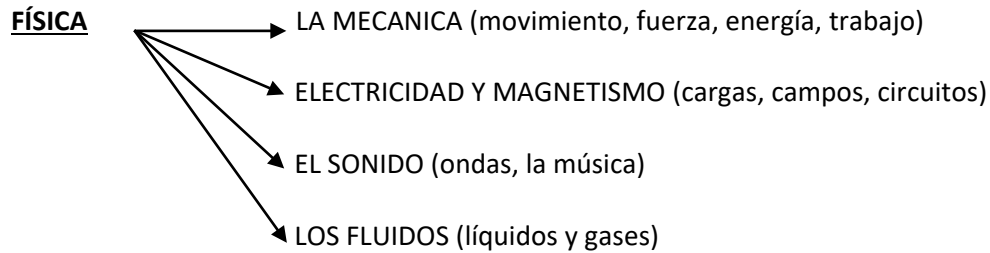
#### Introducción a la Física Biológica – Conceptos básicos para el estudio de la Física

La Física es la ciencia que observa la Naturaleza, y trata de describir las leyes que la gobiernan mediante expresiones matemáticas.

Hasta mediados del siglo XIX había textos y cursos en lo que se venía llamando Filosofía natural o experimental. Con este nombre se reconocía el contraste existente entre materias que dependían de experimentos y otras, tales como Literatura o Religión, que no. A medida que se acumulaban los resultados y las conclusiones de la Filosofía experimental, empezó a ser difícil para una sola persona trabajar en todo el campo, entonces aparecieron las subdivisiones. Bastante antes de 1850, la Química, la Astronomía, la Geología y otras disciplinas similares se separaron como ciencias independientes. El núcleo que fue quedando a medida que esto sucedía se denominó *Física*. Debido a su carácter central respecto a otras ciencias, la comprensión de la Física se requiere en muchas otras disciplinas.

La Física es una ciencia cuantitativa que incluye mecánica, fenómenos térmicos, electricidad y magnetismo, óptica y sonido. Estas materias son parte de la Física clásica. Si en la resolución de un problema físico deben considerarse velocidades cercanas a la de la luz o tamaños comparables a los de un átomo, entonces se deben tener en cuenta los principios o leyes de la Física moderna, esto es, los descubrimientos del siglo XX. Estos principios incluyen la relatividad y la mecánica cuántica.





El progreso en el estudio de la naturaleza permitió al hombre ir descubriendo nuevos fenómenos y los logros obtenidos fueron la base sobre la que se asentaron la evolución y el desarrollo tecnológico. No es difícil reconocer que vivimos en un mundo científico y tecnológico; la física es una parte fundamental de nuestro mundo que influye en nuestra sociedad a cualquier escala, pues abarca desde lo infinitamente grande, la astrofísica, a lo infinitamente pequeño, la física de las partículas elementales. Por ello no debe extrañar la presencia de la física en todo lo que ha representado progreso científico y técnico.

No se puede anticipar cuál será el futuro de la física, pero estoy convencido que seguirá siendo una búsqueda emocionante, ya que aún quedan por descubrir maravillas del universo que hasta ahora son desconocidas.

### LOS MÉTODOS DE LA FÍSICA

No solo el raciocinio y el sentido común son importantes para el estudio de la Física, de ahí que una vez observado un fenómeno natural se propone una teoría y a continuación se llevan a cabo experiencias a efectos de verificar si las predicciones de la teoría se cumplen; si resultan los experimentos la teoría se acepta y se da por válida y se convierte en ley.

Podemos definir el **método científico** como el proceso que sigue la comunidad científica para dar respuesta a sus interrogantes, la secuencia de procedimientos que usa para confirmar como regla o conocimiento lo que en origen es una mera hipótesis. El **método científico** consta fundamentalmente de cinco pasos:

#### **1. Observación**

Análisis sensorial sobre algo -una cosa, un hecho, un fenómeno,...- que despierta curiosidad. Conviene que la observación sea detenida, concisa y numerosa, no en vano es el punto de partida del método y de ella depende en buena medida el éxito del proceso.

#### **2. Hipótesis**

Es la explicación que se le da al hecho o fenómeno observado con anterioridad. Puede haber varias hipótesis para una misma cosa o acontecimiento y éstas no han de ser tomadas nunca como verdaderas, sino que serán sometidas a experimentos posteriores para confirmar su veracidad.

#### **3. Experimentación**

Esta fase del método científico consiste en probar -experimentar- para verificar la validez de las hipótesis planteadas o descartarlas, parcialmente o en su totalidad.

#### **4. Teoría**

Se hacen teorías de aquellas hipótesis con más probabilidad de confirmarse como ciertas.

#### **5. Ley**

Una hipótesis se convierte en ley cuando queda demostrada mediante la experimentación.

### Materia ¿Qué es la materia?

Para entender cómo está formada la materia, tuvieron que pasar más de 20 siglos y esa pregunta no está resuelta del todo. En un principio existieron dos teorías. Una de ellas proponía a la materia como divisible hasta el infinito y que cada una de las partes conservaba las características de la totalidad de

la cual surgió. La otra teoría propone que la división infinita de la materia es posible hasta cierto punto y que existe una cantidad mínima de la cual parte todo. A este modelo se le llamó modelo discontinuo de la materia. Y es ahí, en la misma Grecia, que surge la idea de una partícula básica, mínima, indivisible y en constante movimiento denominada átomo. Y aunque esta idea nació hace tantísimo tiempo, no fue retomada sino más de 2000 años después. Cuando se empiezan a estudiar con más detalle el estado gaseoso, los científicos son capaces de explicar el comportamiento de los gases imaginando que están formados por partículas y espacio vacío, de esta manera es posible comprender propiedades como la expansión y la compresión.

Así es como surgió el modelo cinético de partículas, que más tarde se adapta a los demás estados de la materia con muy buenos resultados. Bajo esta perspectiva, debemos considerar que en la época de Newton, por ejemplo, átomo y partícula eran tratados como sinónimos, la realidad es que no lo son. En la actualidad se concibe una partícula como porción mínima de materia que conserva las características y propiedades de la totalidad de la materia que forma parte. A partir de estos estudios nace un modelo basado en la existencia de las partículas, el cual es llamado "modelo cinético de partículas", entre sus postulados básicos están los siguientes:

Toda la materia está formada por partículas.

Las partículas se encuentran siempre en movimiento.

Las partículas interaccionan entre sí con fuerzas de mayor o menor intensidad

La distancia que existe entre partícula y partícula es muy grande en comparación con su tamaño

Los choques entre partícula-partícula y entre la partícula y la pared del recipiente en donde se encuentran ocurren sin pérdida de energía.

La energía cinética promedio de las partículas es proporcional a su temperatura.

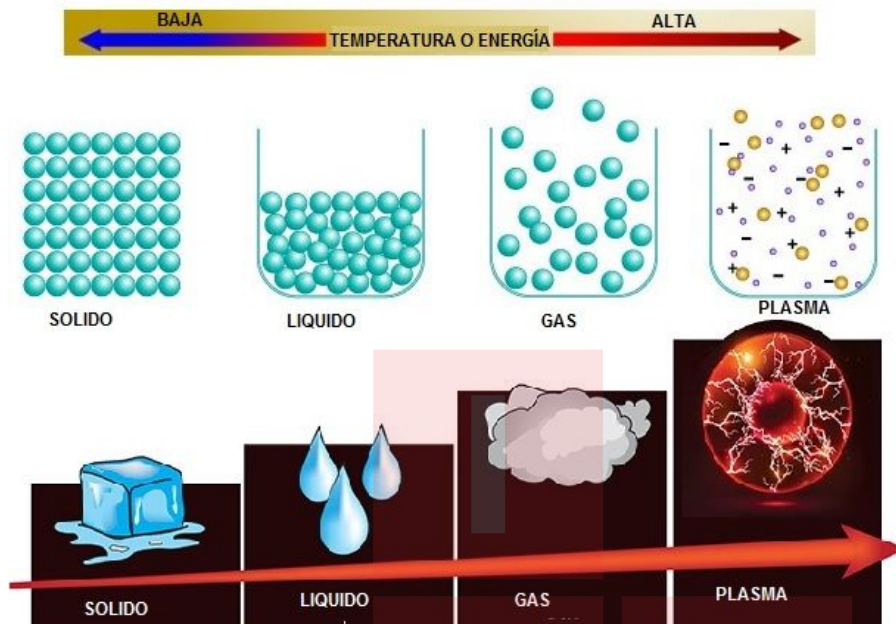
En la actualidad se conoce como materia a todo aquello que tiene una masa y ocupa un lugar en el espacio, entendiendo por masa a la cantidad de materia que contiene un cuerpo.

Básicamente podemos encontrarla en tres estados de agregación o estados físicos que son: **sólido, líquido y gaseoso**; pero en la actualidad se aceptan cinco estados de la materia.

El cuarto estado corresponde al **plasma** que es considerado un fluido semejante a un gas en el cual, una parte de las partículas están ionizadas. Este estado es muy común en el universo, las estrellas, los bordes de los relámpagos y la ionósfera de la Tierra están en este estado. No es considerado un gas porque presenta características que el estado gaseoso no presenta, el aporte de energía a un gas trajo como consecuencia que el mismo se haya energizado hasta llegar al punto de que algunos electrones se liberan de los átomos que forman el gas pero siguen conviviendo juntos, los electrones liberados y los átomos ahora convertidos en iones, en estas condiciones se presentan por ejemplo, efectos colectivos bajo la influencia de campos magnéticos y se conduce la corriente eléctrica.

El quinto estado de la materia fue predicho por Satyendra Nath Bose y Albert Einstein en 1924. Para ellos, resultaba imposible poder comprobarlo de manera experimental, pero en la actualidad se ha conseguido ver el condensado y comprobar su existencia. Se le nombra así como **condensado de Bose-Einstein**, es el estado de agregación de la materia que se da en ciertos materiales a temperaturas muy cercanas al cero absoluto (-273 °C). La Propiedad que lo caracteriza, es que una gran cantidad de partículas del material pasan a estar en el nivel de energía mínima llamado estado fundamental de la materia y posee dos características únicas denominadas superfluidez y superconductividad. La superfluidez significa que la materia deja de tener fricción y la superconductividad indica resistencia eléctrica nula, debido a estas características, el estado condensado de Bose-Einstein tiene propiedades que pueden contribuir en la transmisión de energía por luz, por ejemplo, si la tecnología permite alcanzar temperaturas extremas.

## ESTADOS DE LA MATERIA



### Cambios físicos y químicos de la materia

La materia es susceptible de sufrir cambios, tanto físicos como químicos.

En la naturaleza se producen continuamente cambios o transformaciones. Vamos a clasificar estos cambios en dos tipos: químicos y físicos.

**Cambios químicos:** Son aquellos en los que unas sustancias se transforman en otras sustancias diferentes, con naturaleza y propiedades distintas.

Por ejemplo se producen cambios químicos cuando una sustancia arde, se oxida o se descompone.

**Cambios físicos:** Son todos aquellos en los que ninguna sustancia se transforma en otra diferente.

Por ejemplo se producen cambios físicos cuando una sustancia se mueve, se le aplica una fuerza o se deforma.

### Propiedades de la Materia

#### Propiedades generales

Las presentan los sistemas materiales sin distinción y por tal motivo no permiten diferenciar una sustancia de otra. A algunas de las propiedades generales se les da el nombre de extensivas, pues su valor depende de la cantidad de materia, tal es el caso de la masa, el peso, volumen. Otras, las que no dependen de la cantidad de materia sino de la sustancia de que se trate, se llaman intensivas, y es su paradigma la densidad.

#### Propiedades extensivas

Son las cualidades de la materia dependientes de la cantidad que se trate. Son aditivas y de uso más restringido para caracterizar a las clases de materia debido a que dependen de la masa. Si se tienen 6 ml de lejía en un recipiente y se añaden 4 ml el volumen de lejía es ahora de 10 ml; la propiedad física llamada volumen varió directamente al variar la cantidad de materia.

### Propiedades intensivas

Son las cualidades de la materia independientes de la cantidad que se trate, es decir no dependen de la masa, no son aditivas y por lo general resultan de la composición de dos propiedades extensivas. El ejemplo perfecto lo proporciona la densidad, que relaciona la masa con el volumen, el punto de fusión, el punto de ebullición, el coeficiente de solubilidad, el índice de refracción, el módulo de Young, etc.

### Propiedades químicas

Son propiedades distintivas de las sustancias que se observan cuando se combinan con otras, es decir, que les pasa en procesos por los que, por otra parte, las sustancias originales dejan generalmente de existir, formándose con la misma materia otras nuevas. Las propiedades químicas se manifiestan en los procesos químicos (reacciones químicas), mientras que las propiedades propiamente llamadas propiedades físicas, se manifiestan en los procesos físicos, como el cambio de estado, la deformación, el desplazamiento, etc.

Ejemplos de propiedades químicas:

- corrosividad de ácidos
- poder calorífico
- acidez
- reactividad

### Otras propiedades físicas de los materiales

Las propiedades físicas de los materiales dependen de la materia con la que están formados. En física se las diferencia en propiedades extensivas (peso, área, volumen) cuando dependen de la cantidad de materia o intensivas las que no están relacionadas con la cantidad de materia existente (densidad, punto de fusión, resistividad eléctrica, etc).

### Propiedades Ópticas

Este tipo de propiedades están relacionadas con la posibilidad de un material de absorber la energía de las radiaciones electromagnéticas. Dentro de éstas adquieren particular importancia las que tienen longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros ya que son las que el ojo humano detecta y constituyen lo que se conoce como luz o radiación luminosa y por eso se habla de propiedades ópticas (relativas a la visión).

### Propiedades eléctricas

La posibilidad de permitir la circulación de la energía eléctrica está relacionada con la estructura electrónica de la materia. Sólo en los materiales metálicos existen electrones relativamente libres (nube electrónica) y se comportan como conductores y su comportamiento es diferente del de los materiales orgánicos y cerámicos que se pueden utilizar como aislantes eléctricos.

### Propiedades térmicas

Para analizar el comportamiento de un material al recibir energía térmica se debe tener en cuenta si conduce esa energía, y también, cuánta energía absorbe; esto está relacionado con su calor específico. Cuando se tienen en cuenta ambas propiedades (conducción y absorción) se analiza la denominada difusibilidad térmica propiedad que da una idea de la capacidad aislante de un material. Los materiales cerámicos y los orgánicos no conducen la energía térmica con facilidad, pero los orgánicos son los que más la absorben (sus moléculas, debido a su tamaño, requieren más energía para adquirir movilidad). La acción aislante obtenida con materia orgánica es superior a la lograda con la cerámica. Otro aspecto relacionado con la energía térmica absorbida por un material se refiere a los cambios dimensionales que ello determina. Si a un cuerpo, por ejemplo una varilla, cambia su temperatura, es decir que se lo calienta o se lo enfría, experimenta un cambio en sus dimensiones.

### Propiedades magnéticas

Las propiedades de un material que actúa como imán atrayendo o rechazando a otro de acuerdo con los polos que se enfrenten, está determinada por la naturaleza de los átomos (específicamente algunos de sus electrones) presentes en la estructura.

### Propiedades Mecánicas de los Materiales Biológicos

Las propiedades mecánicas de los materiales permiten diferenciar un material de otro ya sea por su composición, estructura o comportamiento ante algún efecto físico o químico. En el caso particular de los huesos la relación entre las propiedades estructurales, las propiedades mecánicas y el comportamiento mecánico es complicada y supone todo un desafío. La comprensión de esta relación es de gran importancia ya que ayuda a entender el comportamiento del hueso sometido a constantes cargas fisiológicas, identifica las áreas más susceptibles a la fractura y permite predecir los efectos de distintas patologías y de los tratamientos de las mismas en la resistencia del hueso.

### La Elasticidad

Un cuerpo elástico se define como aquel que puede recuperar su forma y tamaño original cuando la fuerza que lo deformó deja de actuar sobre él. Las banditas elásticas, pelotas de golf, trampolines, pelotas de fútbol y resortes son ejemplos comunes de cuerpos elásticos. La plastilina y la arcilla de moldear son ejemplos de cuerpos inelásticos (plásticos) ya que una vez desaparecida la fuerza que lo deformó no recuperan su tamaño y forma original.

Se dice que un material cuya deformación cesa con la desaparición de las cargas (fuerzas), se comporta de manera elástica. Todos los materiales estructurales son elásticos en cierto grado. Si no lo fueran y quedara en la estructura una deformación residual una vez retiradas las cargas, nuevas cargas incrementarían dicha deformación y la estructura quedaría inutilizada. Ningún material estructural es perfectamente elástico: según el tipo de estructura y el tipo de cargas, las deformaciones permanentes son inevitables cuando las cargas sobrepasan ciertos valores.

Por lo tanto, las cargas deben limitarse a valores que no produzcan deformaciones permanentes apreciables.

### **ESFUERZOS**

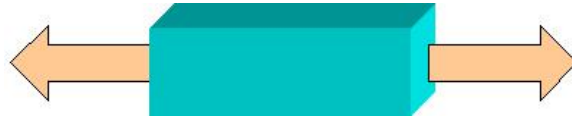
Todos los materiales cambian su forma volumen o ambos bajo la influencia de un esfuerzo. Se define como la razón de una fuerza aplicada  $[F]$  y el área  $[A]$  sobre la que actúa.

### **Tipos de Esfuerzos**

Las cargas aplicadas originan en los elementos estructurales uno o varios tipos de fuerzas:

Las Fuerzas Axiales: originan esfuerzos que se clasifican en dos tipos:

1. **Esfuerzos de Tracción:** originados por Fuerzas que tienen la tendencia a estirar los elementos.

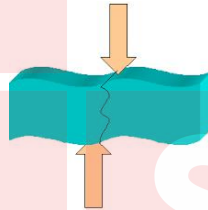


2. **Esfuerzos de Compresión:** Originados por Fuerzas que tienden a comprimir los elementos.

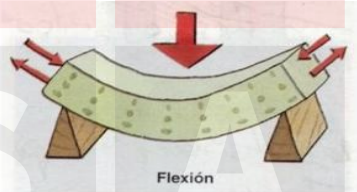


Las fuerzas No Axiales originan los siguientes esfuerzos:

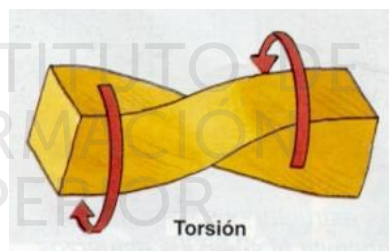
1. **Esfuerzo de Corte:** Producidos por Fuerzas que tienden a cortar o desplazar secciones adyacentes de los elementos.



2. **Momento de Flexión:** Originado por fuerzas que tienen tendencia a flexionar o doblar los elementos.



3. **Momento de torsión:** Producido por fuerzas que a los elementos tienen la tendencia a torsionar o torcerlos.



## RESUMEN

**FUERZA**  
Generan desplazamiento

Plano **CONTIENE**  
al eje longitudinal

**TRACCIÓN.** Es un esfuerzo en el sentido del eje que tiende a alargar las fibras. Ejemplo: cables

**COMPRESIÓN.** Es una tracción negativa, las fibras se acortan. Ejemplo:





### Energía ¿Qué es la energía?

Se conoce como energía la capacidad de los sistemas materiales o cuerpos, de transferir calor o realizar un trabajo. Así siendo, a medida que un cuerpo trasfiere calor o realiza un trabajo, pierde energía. Los cambios físicos y químicos de la materia, son producidos por la energía.

Existen varios tipos de energía.

**Energía potencial:** Energía que posee una sustancia o materia por su composición química o posición en el espacio. Es la capacidad de realizar un trabajo por medio de la posición.

Una hoja de guillotina sujeta en lo alto por una cuerda y una polea es un ejemplo de un objeto que posee energía potencial. Si la cuerda se corta, la hoja descenderá y realizará su tarea. Se necesita realizar un trabajo para llevar la hoja de la guillotina a su posición elevada y, por este motivo, se dice que la hoja tiene una energía potencial. Otros ejemplos de objetos que poseen energía potencial incluyen una montaña rusa en lo alto de la pendiente y el muelle extendido de una puerta abierta.

**Energía cinética:** Energía que posee una sustancia o materia gracias a su movimiento dentro del espacio. Toda la materia en movimiento posee energía cinética: un automóvil moviéndose, un molino de viento girando, una hoja de guillotina cayendo. Estos sistemas pueden hacer todo su trabajo debido a su movimiento.

**Energía química:** es la energía liberada por una reacción química.

Un ejemplo importante de este tipo de energía es la que se proporciona a nuestros cuerpos mediante reacciones químicas que afectan a los alimentos que comemos. En el nivel molecular, esta área de la ciencia se denomina bioquímica. La energía liberada cuando explota dinamita es el ejemplo más espectacular de energía química.

**Energía eléctrica:** representa el trabajo que puede hacerse cuando un electrón se mueve a través de una diferencia de potencial eléctrico (voltaje).

La forma más familiar de energía eléctrica es la electricidad doméstica normal, que conlleva el movimiento de electrones a través de un hilo de cobre por una diferencia de potencial eléctrico de 110 voltios (V). Todos los aparatos eléctricos, como los motores, calentadores y ventiladores, funcionan mediante el uso de energía eléctrica.

**Energía térmica (calor):** es la energía del movimiento en el nivel atómico y molecular.

Es la energía cinética de las moléculas y está estrechamente relacionada con la temperatura. Cuanto más rápido vibran las moléculas de una sustancia, mayor energía térmica contiene la sustancia y mayor es su temperatura.

**Energía nuclear:** es la energía contenida en el núcleo de un átomo.

Podemos controlar la liberación y la utilización de este tipo de energía en centrales nucleares de energía eléctrica. Un ejemplo de liberación no controlada de energía nuclear es la bomba atómica.

**Energía electromagnética:** es quizá la forma menos familiar de energía. Sin embargo, es la más importante para nuestro objetivo, ya que es el tipo de energía que se utiliza en los rayos X. Además de los rayos X, la energía electromagnética incluye las ondas de radio, las microondas y la luz ultravioleta, infrarroja y visible. Así como la materia puede transformarse de un tamaño, estado y forma a otros, también la energía puede transformarse de un tipo a otro. Por ejemplo, en radiología la energía eléctrica en un sistema de imagen de rayos X se utiliza para producir energía electromagnética (el rayo X), que se convierte en energía química en la película radiográfica.

Reconsidere ahora el hecho de que todas las cosas pueden clasificarse como materia o energía. Mire a su alrededor y piense en alguna cosa y debería convencerse de este hecho. Debería ser capaz de clasificar cualquier cosa como materia, energía o ambas.

Con frecuencia, materia y energía existen juntas: un automóvil en movimiento tiene masa y energía cinética, el agua hirviendo tiene masa y energía térmica, la Torre inclinada de Pisa tiene masa y energía potencial.

Quizá la propiedad más extraña asociada con la materia y la energía es que son intercambiables, una característica descrita por primera vez por Albert Einstein en su famosa teoría de la relatividad. La ecuación de equivalencia masa energía de Einstein es una piedra angular de esta teoría. Esta equivalencia masa-energía es la base de la bomba atómica, las centrales de energía nuclear y ciertas técnicas de imagen de medicina nuclear. La energía emitida y transferida en el espacio se denomina radiación. Cuando la cuerda de un piano vibra se dice que irradia sonido; el sonido es una forma de radiación. Las ondas irradian desde el punto donde cae una piedra en un charco tranquilo.

La luz visible, una forma de energía electromagnética, es irradiada por el sol y con frecuencia se denomina radiación electromagnética. De hecho, la energía electromagnética viajando a través del espacio normalmente se denomina radiación electromagnética o simplemente radiación.

En los procesos químicos, es frecuente el intercambio de calor. Muchas reacciones químicas desprenden calor (cualquier combustión), son exotérmicas, sin embargo, otros procesos que absorben calor del entorno, son endotérmicos. El proceso de vaporización del agua líquida es endotérmico ya que requiere

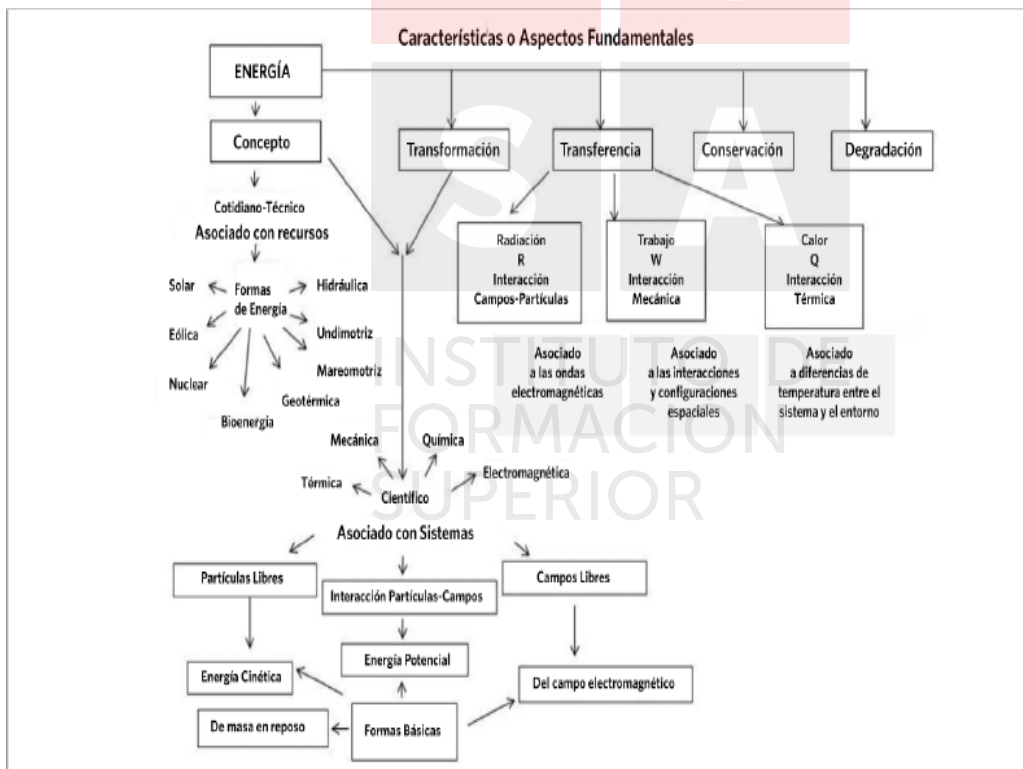
un aporte de calor. Energía que posee una sustancia o materia por su composición química o posición en el espacio.

**Características básicas del concepto científico de energía**

Para ir sentando las bases científicas del concepto de energía que utilizaremos desarrollaremos cuatro características o aspectos que debería tener asociados el concepto científico de energía: **la transformación, la transferencia o transmisión, la conservación y la degradación.**

Globalmente, lo anterior nos conduce a aceptar que cada vez que nombramos la palabra “energía” (o un sinónimo de ella), en el contexto de las ciencias, pensamos en las formas básicas en que la podemos imaginar; en las diversas maneras de transferirla entre un sistema que elijamos para analizar y su entorno; en el principio (en el cual creemos porque, dentro de la incertidumbre experimental, nadie ha demostrado lo contrario) que si sumamos bien todas las contribuciones asociadas a las diferentes formas de energía tanto del sistema como de sus alrededores y los modos de transmitirla, siempre obtendremos la misma cantidad y, finalmente, en un segundo principio que sostiene que aunque la cantidad que llamamos energía permanezca constante, no significa que podamos seguir realizado procesos para “rehabilitar” las formas de energía que contabilizábamos al inicio; es decir, tenemos la misma cantidad de energía pero sin la misma disponibilidad (o “calidad”) para transformarla a favor nuestro.

Presentamos a continuación un esquema con el propósito de formarnos una idea integral de las diversas características y significados que incluye el concepto de energía, así como de algunas de las formas existentes, este cuadro representa *una versión particular* de concebir el concepto de energía y debemos considerarlo como “una” representación posible y no “la única”.



La energía ha sido definida como la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación.

La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética, mientras que la relacionada con la posición es la energía potencial. Por ejemplo, un péndulo que oscila tiene una energía potencial máxima en los extremos de su recorrido; en todas las posiciones intermedias tiene energía cinética y potencial en proporciones diversas. La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica, térmica, química, eléctrica, radiante o atómica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante.

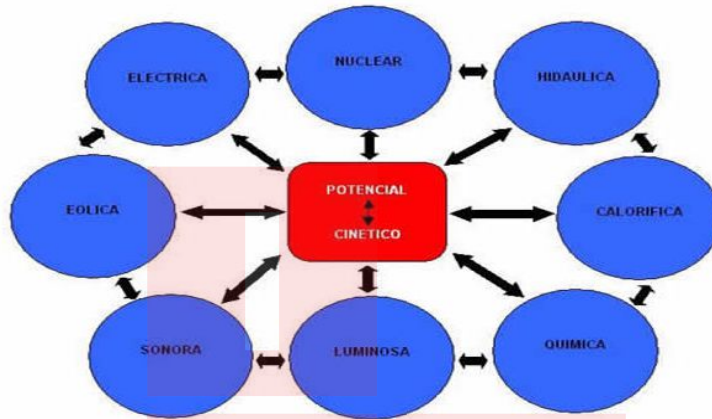
No deben utilizarse los términos de transformación y transferencia de energía indistintamente, como tampoco los de degradación y disipación. Transformación es un concepto que implica que la energía pasa de una forma a otra. Por consiguiente, la utilización de este vocablo dependerá de qué concepto se tenga de formas de energía. En relación con la transferencia de energía, este proceso se refiere al paso de energía desde un sistema a otro, sin tomar en consideración si esa energía se transforma o no.

Cuando se habla de degradación, se quiere indicar que la energía se transforma en una forma menos útil o aprovechable para producir determinados cambios. Cuando la energía cinética asociada al movimiento de un martillo se transforma en energía interna del martillo y del clavo, esa energía se va disipando al aire que los rodea, lo que equivale a extenderse o repartirse entre mayor número de partículas cada vez.

Un peso suspendido de una cuerda tiene energía potencial, debido a su posición, puesto que puede realizar trabajo al caer. Una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química. Un trozo de magnesio también tiene energía potencial en forma química, que se transforma en calor y luz si se inflama. Al disparar un fusil, la energía potencial de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede, a su vez, almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse en forma de calor o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico.

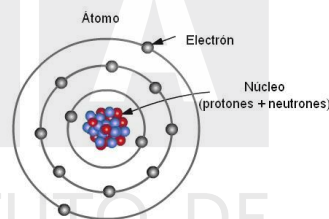
Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía.

# TRANSFORMACIONES DE LA ENERGÍA



Las distintas formas de manifestarse la energía se pueden transformar de una en otra.

## El átomo y su estructura



En el átomo distinguimos dos partes: el núcleo y la corteza.

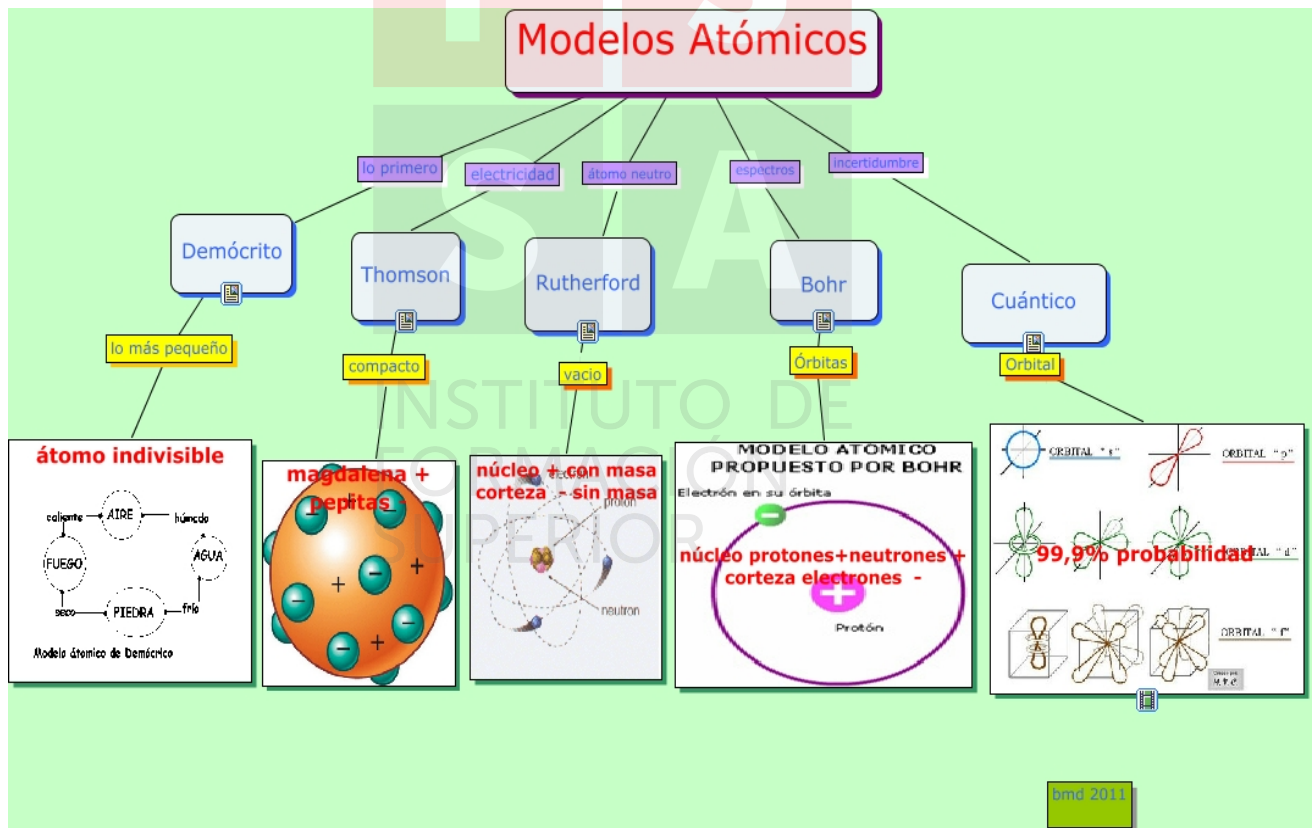
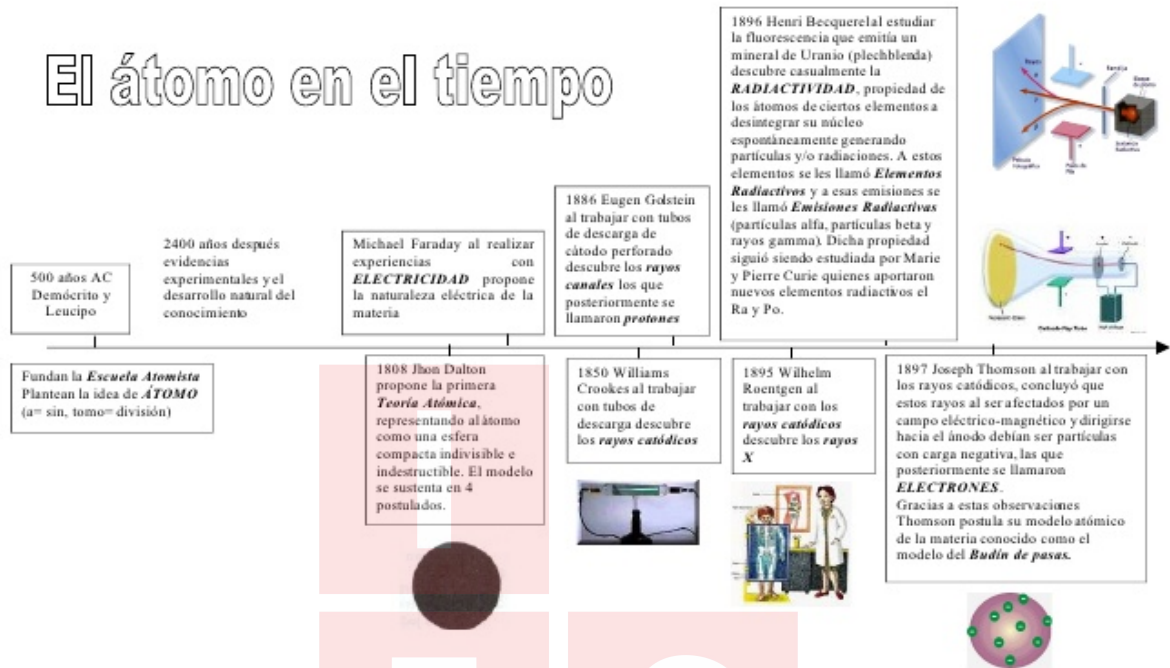
El núcleo es la parte central del átomo y contiene partículas con carga positiva, los protones y partículas que no poseen carga eléctrica, es decir son neutras, los neutrones. La masa de un protón es aproximadamente igual a la de un neutrón. Todos los átomos de un elemento químico tienen en el núcleo el mismo número de protones. Este número, que caracteriza a cada elemento y lo distinguen de los demás es el número atómico y se lo representa con letra Z.

La corteza es la parte exterior del átomo. En ella se encuentran los electrones, con carga negativa. Estos ordenados en distintos niveles giran alrededor del núcleo. La masa de un electrón es una 2000 veces menor que la de un protón.

Los átomos son eléctricamente neutros, debido a que tienen igual número de protones que de electrones. Así, el número atómico también coincide con el número de electrones.

## **Modelos atómicos:**

# El átomo en el tiempo



Los científicos griegos de esa época pensaban que toda materia estaba formada por cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Según ellos, toda materia se podía describir como una combinación de estos cuatro elementos básicos en varias proporciones, modificadas por cuatro esencias básicas: húmedo, seco, caliente y frío. Los griegos utilizaron el término átomo, que significa «indivisible» para describir la

parte más pequeña de las cuatro sustancias de la materia. Ahora sabemos que el átomo es la partícula más pequeña de materia que conserva las propiedades de un elemento.

La descripción griega de la estructura de la materia persistió durante cientos de años. Fue la base teórica de la teoría atómica moderna. En 1808, John Dalton, mostraba que los elementos se pueden clasificar de acuerdo a valores íntegros de masa atómica. es decir, un elemento estaría compuesto por átomos idénticos que reaccionan químicamente de la misma manera.

Unos 50 años después Mendeleiev, mostró que si los elementos se disponían por orden creciente de su masa atómica se observaba una repetición periódica de similares propiedades químicas. En aquel tiempo se habían identificado alrededor de 65 elementos resultando de este descubrimiento la primera tabla periódica de los elementos. A pesar de que había muchos huecos vacíos en la tabla de Mendeleiev, se demostraba que todos los elementos por entonces conocidos podían ser colocados en uno de estos ocho grupos, la única diferencia entre los átomos de un elemento y los de otro era su masa.

Paulatinamente se hizo evidente que existía una naturaleza eléctrica en la estructura de un átomo. A finales de la década de 1890, Thompson llegó a la conclusión de que los electrones eran parte integrante de todos los átomos. El número de electrones estaba pensado de manera que igualase la cantidad de electricidad positiva, ya que se sabía que el átomo debía ser eléctricamente neutro.

Rutherford refutó el modelo propuesto por Thompson, e introdujo el modelo nuclear, que describe el átomo con un centro pequeño, denso, cargado positivamente y rodeado de una nube negativa de electrones. Llamó al centro del átomo el núcleo.

En 1913, Niels Bohr mejoró el átomo de Rutherford. El modelo de Bohr era un sistema solar en miniatura en el que los electrones giraban alrededor del núcleo en determinadas órbitas o niveles de energía, para nuestros propósitos, este modelo representa la mejor forma de visualizarlo. Básicamente, el átomo de Bohr contiene un núcleo pequeño, denso, cargado positivamente y rodeado por electrones cargados negativamente que giran alrededor de este núcleo en órbitas fijas bien determinadas. En un átomo normal el número de electrones es igual al número de cargas positivas del núcleo.

### **Nomenclatura del átomo:**

Para identificar a los diferentes átomos necesitamos conocer su número atómico y número másico

- Número atómico: Número de protones que tiene en el núcleo. Representado por la letra Z
- Número másico: Número de protones y neutrones que tiene en el núcleo. Representado por la letra A

### **Estructura electrónica:**

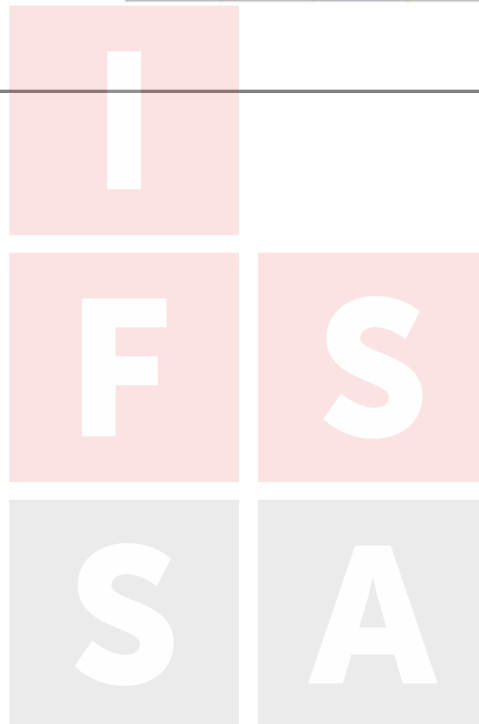
Las propiedades de los elementos dependen sobre todo, de cómo se distribuyen sus electrones en la corteza. La configuración electrónica en la corteza de un átomo es la distribución de sus electrones en los distintos niveles y orbitales. Los electrones se van situando en los diferentes niveles y subniveles por orden de energía creciente hasta completarlos. Es importante saber cuántos electrones existen en el nivel más externo de un átomo pues son los que intervienen en los enlaces con otros átomos para formar compuestos.

Las ideas básicas son:

1. Existen 7 niveles de energía o capas, donde pueden situarse los electrones, enumerados desde el 1 más interno, al 7 más externo.
2. A su vez cada nivel, tiene sus electrones repartidos en distintos subniveles, que pueden ser s, p, d, f.

3. En cada subnivel hay un número determinado de orbitales, que pueden contener como máximo 2 electrones en el s, 6 electrones en el p, 10 electrones en el d, y 14 electrones en el f.

	s	p	d	f
n = 1	1s			
n = 2	2s	2p		
n = 3	3s	3p	3d	
n = 4	4s	4p	4d	4f
n = 5	5s	5p	5d	5f
n = 6	6s	6p	6d	
n = 7	7s	7p		



INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR



**UNIDAD Nº 2: EL REPOSO Y EL MOVIMIENTO DE LOS FLUIDOS**

La HIDROSTÁTICA es la rama de la física que se ocupa del estudio de los líquidos en reposo. El término es en si mismo elocuente, al referirse a la materia de estudio, expresando “HIDRO” (agua) y “STATICA” reposo o equilibrio.

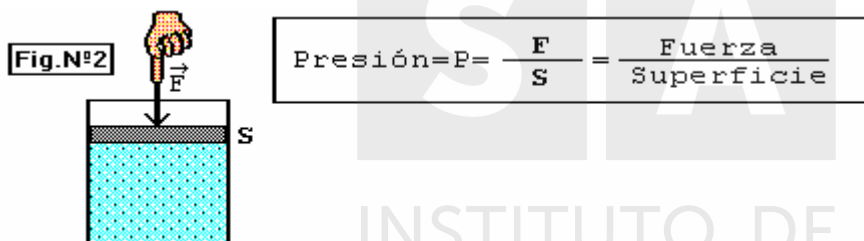
**CONCEPTO DE PRESION:**

Los líquidos, a diferencia de los sólidos, no transmiten fuerzas, sino presiones. Si pretendo aplicar una fuerza a un sólido, simplemente la aplico, empujándolo o tirando de él o ejerciendo cualquier contacto mecánico con ese cuerpo, ya sea en forma directa o indirecta.

En cambio, si tengo líquido en un recipiente (agua en un vaso), y deseo comunicarle alguna fuerza al agua, en forma directa, simplemente me mojo el dedo, sin conseguir otra cosa que eso o tal vez provocar algunas salpicaduras. En la fig. Nº1 vemos la acción de una fuerza sobre un bloque sólido y a su derecha, un dedo mojándose y salpicando agua al pretender hacer lo mismo con un líquido.



En virtud de ello, advertimos que para poder comunicar alguna acción a un líquido, éste deberá estar encerrado en un recipiente cilíndrico, similar a una jeringa, en el cual podamos desplazar una de las superficies que hacen de tapa. Esto se denomina émbolo o pistón (¡Sí!, como el del motor de un auto).



La presión es, por lo visto, el cociente entre la fuerza ejercida sobre el émbolo (normalmente o perpendicularmente) y la superficie de dicho émbolo.

La presión es una magnitud escalar, ya que como veremos más adelante (Principio de Pascal), cuando se ejerce presión, ella se detecta en todas las direcciones.

**UNIDADES DE PRESION:**

La unidad que corresponde a la presión tanto en sólidos como en líquidos depende de cuales sean las unidades en las que se miden los parámetros involucrados en el concepto.

Teniendo en cuenta este concepto observaremos en la siguiente tabla las unidades más utilizadas y sus equivalencias:

La presión atmosférica media es de 101 325 pascales (101,3 kPa), a nivel del mar, donde:

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar} = 101325 \text{ Pa} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2 \text{ y } 760 \text{ mm de Hg.}$$

Unidades de presión y sus factores de conversión								
	Pascal	bar	N/mm <sup>2</sup>	kp/m <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>	atm	Torr	PSI
1 Pa (N/m <sup>2</sup> )=	1	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,102	0,102×10 <sup>-4</sup>	0,987×10 <sup>-5</sup>	0,0075	0,000145
1 bar (10N/cm <sup>2</sup> ) =	105	1	0,1	10200	1,02	0,987	750	14,5036
1 N/mm <sup>2</sup> =	106	10	1	1,02×10 <sup>5</sup>	10,2	9,87	7500	145,0536
1 kp/m <sup>2</sup> =	9,81	9,81×10 <sup>-5</sup>	9,81×10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	0,968×10 <sup>-4</sup>	0,0736	0,001422
1 kp/cm <sup>2</sup> =	9,81×10 <sup>4</sup>	0,981	0,0981	10000	1	0,968	736	14,22094
1 atm (760 Torr) =	101325	1,01325	0,1013	10330	1,033	1	760	14,6948
1 Torr (mmHg) =	133,32	0,001333	1,3332×10 <sup>-4</sup>	13,6	1,36×10 <sup>-3</sup>	1,32×10 <sup>-3</sup>	1	0,019336
1 PSI (libra / pulgada cuadrada) =	6894,7573	0,068948	0,006894	703,188	0,070319	0,068046	51,715	1

### PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Debido a que el aire pesa y como rodeando al planeta Tierra existe una capa de aire (mezcla de gases), cuyo espesor es de aproximadamente 500 km, conocida como atmósfera, ese aire ejerce una fuerza sobre la superficie de la Tierra o sobre los cuerpos en él ubicados. Recordando que Presión = F/S, podemos afirmar entonces que la atmósfera ejerce una presión sobre el planeta. A esa presión se la conoce como Presión Atmosférica.

La densidad del aire en la atmósfera varía, de hecho en las zonas inferiores la densidad del aire es mayor, es decir que hay mayor número de molécula por unidad de volumen. A medida que la altura aumenta la densidad se hace menor hasta tornarse enrarecido a muy grandes alturas. Podemos señalar además que el aire está compuesto, aproximadamente, por:

Nitrógeno: 78%, \* Oxígeno: 21%, \* Gases Nobles (argón, helio, neón, criptón y xenón): 1%, \* Anhídrido carbónico: 0.03%, \* Agua en estado de vapor: proporción variable y vestigios de numerosas sustancias.

Se estableció que el Peso Específico del aire (se lo obtuvo dividiendo el peso del aire por el volumen que ocupó), en condiciones normales (0°C y 760 mm de mercurio de presión), es de 1,293 g/l.

Algunas aplicaciones de la existencia de la presión atmosférica son:

Una ventosa queda adherida sobre un vidrio o una pared, porque al presionarlas sobre la superficie se desaloja todo el aire, actuando solamente la presión atmosférica exterior. Otra aplicación es que al introducir un gotero en un vaso que contenga algún líquido, éste no entra; al apretar la perilla de goma estamos eliminando el aire que ella contiene y permitiendo que el líquido entre.

### Unidades y valores de la Presión atmosférica normal.

La presión atmosférica se puede expresar en distintas unidades. Decimos que una atmósfera de presión es igual a 760 mm de mercurio, que equivale a 1033 g/cm<sup>2</sup>, o bien 1,033 kg/cm<sup>2</sup>

En la práctica meteorológica, se empleaba el milibar la que, para 1 atmósfera de presión, equivale a 1.013,3 milibares. Actualmente se utiliza el HectoPascal

1 atm = 760 mm Hg = 1,033 kgf/cm<sup>2</sup> = 1033 gf/ cm<sup>2</sup> = 1013,3 mb = 101325 Pa

### Variación de la presión con la altura

A medida que nos alejamos de la superficie terrestre, se verifica que la presión que se soporta es menor, calculándose que la columna mercurial sufre variaciones de aproximadamente 1 mm por cada 10,5 m de altura, lo que equivale decir que la presión atmosférica disminuye en 1,293 g/cm<sup>2</sup>

### La presión atmosférica y nuestro cuerpo.

Teniendo en cuenta que el valor de la presión atmosférica establecido es de 1,033 kg/cm<sup>2</sup>, y que la superficie corporal del hombre es de aproximadamente 15.000 cm<sup>2</sup>, nuestro cuerpo está soportando una fuerza de 15.495 kgf, aproximadamente. Nuestro cuerpo puede soportar esta fuerza debido a que el sistema circulatorio es quien logra equilibrar esta situación; de hecho muchas personas al ascender una montaña o elevarse en un avión o trasladarse a zonas de gran altura, como por ejemplo al antiplano boliviano, sufren hemorragias por rotura de vasos, mareos, etc provocados por el desequilibrio que origina la disminución de la presión exterior.

### La presión atmosférica y el estado del tiempo

Se puede observar que cuando la columna mercurial es mayor a los 76 cm, o con tendencia a subir, el estado del tiempo es bueno y seco, por el contrario cuando ese valor desciende, el tiempo en general es húmedo y lluvioso.

Para terminar de comprender el concepto podemos decir que sobre nuestro cuerpo actúa una fuerza de una masa de aire y que afecta también a todo nuestro alrededor; esa presión se la denomina presión atmosférica, y corresponde al peso de la atmósfera que actúa sobre toda superficie.

La unidad de medida de la presión atmosférica es la "Atmosfera" y equivale al peso de una columna de aire de 10 metros de altura. El instrumento que se utiliza para medir esta presión es el barómetro.

¿Cuáles son las diferentes presiones que podemos medir sobre la tierra?

Se llama **presión manométrica** a la diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica. Se aplica tan solo en aquellos casos en los que la presión es superior a la presión atmosférica; cuando esta cantidad es negativa se llama presión de vacío.

Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la **presión atmosférica** como nivel de referencia y miden la **diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica**, llamándose a este valor **presión manométrica**.

Los aparatos utilizados para medir la presión manométrica reciben el nombre de manómetros y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de mercurio y los aneroides.

La presión manométrica se expresa bien sea por encima o por debajo de la presión atmosférica. Los manómetros que sirven para medir presiones inferiores a la atmosférica se llaman manómetros de vacío o vacuómetros.



Quando la presión se mide en relación a un vacío perfecto, se llama **presión absoluta**; cuando se mide con respecto a la **presión atmosférica**, se llama **presión manométrica**.

Quando la presión que mide el manómetro es igual a la de la atmósfera, la presión manométrica es igual a cero, de forma que no hay una diferencia de presión entre el sistema analizado y el entorno atmosférico. Cuando se conecta un manómetro al sistema o recinto cuya presión se desea medir, miden el exceso de presión respecto a la presión atmosférica. Si la presión en dicho recinto es menor o igual a la atmosférica, señala cero.

Un vacío perfecto correspondería a la presión absoluta cero. Todos los valores de la presión absoluta son positivos, porque un valor negativo indicaría una tensión de tracción, fenómeno que se considera imposible en cualquier fluido.

Las presiones por debajo de la atmosférica reciben el nombre de **presiones de vacío** y se miden con medidores de vacío (o vacuómetros) que indican la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta. Las presiones **absoluta**, **manométrica** y **de vacío** son cantidades positivas y se relacionan entre sí por medio de:

Presión manométrica = Presión Absoluta – Presión Atmosférica , (para presiones superiores a la  $p_{atm}$ )

Presión de Vacío = Presión Atmosférica – Presión Absoluta , (para presiones inferiores a la  $p_{atm}$ )

### PRINCIPIO DE PASCAL

Este principio, expresa que “Toda presión ejercida sobre un líquido contenido en un recipiente, se transmite con igual intensidad a todos los puntos de dicho recipiente”.

La figura siguiente, muestra la verificación experimental de este principio:

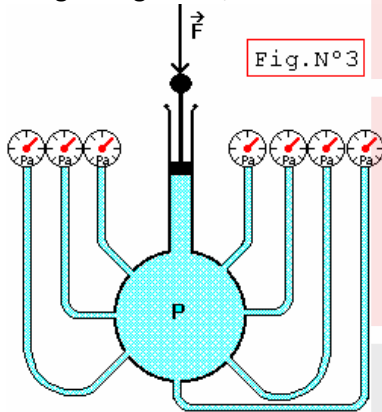


Fig. N° 3

### APLICACIONES DEL PRINCIPIO DE PASCAL: PRENSA HIDRAULICA

La prensa hidráulica, es un dispositivo que permite, mediante el con- curso de la presión, multiplicar la fuerza que se requiere en diversas operaciones industriales y técnicas.

Las vemos instaladas en las estaciones de servicios, para elevar los autos a los fines del lavado de chasis y el engrase.

Las prensas hidráulicas, forman parte de los dispositivos extrusores que se emplean en la fabricación de caños de plomo, perfiles de aluminio (para ventanas, etc.), son los comandos oleodinámicos instalados en máquinas topadoras, camiones volqueteros, palas mecánicas y los encargados de mover los alerones en los aviones de gran porte.

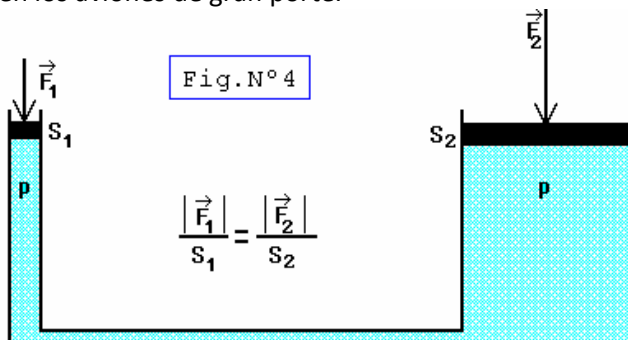
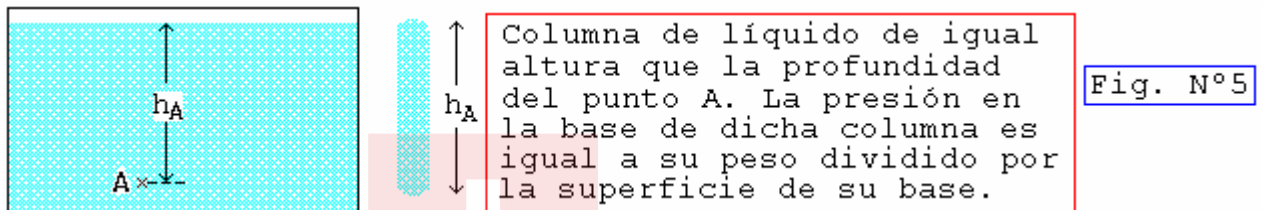


Fig. N° 4

### PRESION HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática, es la que se manifiesta en el interior de toda masa líquida, provocada por el peso de la columna de líquido que debe soportar un cuerpo sumergido.



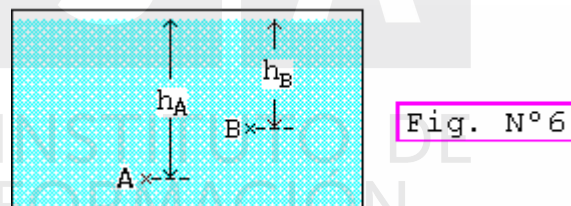
Para calcular la presión hidrostática a una profundidad  $h_A$ , efectuamos el cociente entre su peso y la superficie de su base:

$$p_h(A) = \rho L.V/S_{base} = \rho L.S_{base}.h_A/S_{base} = \rho L.h_A$$

Por lo que hemos desarrollado anteriormente, concluimos que: “La presión hidrostática en el interior de una masa líquida a una profundidad  $h_A$  es igual al peso específico del líquido multiplicado por dicha profundidad”.

### DIFERENCIA DE PRESION ENTRE DOS PUNTOS

Aplicando el resultado obtenido antes, podemos enunciar que: “La diferencia de presión entre dos puntos de una masa líquida es igual al peso específico del líquido multiplicado por la diferencia entre las profundidades de dichos puntos”.



Expresado matemáticamente, queda:

$$\Delta p_{AB} = p_A - p_B = \rho L . (h_A - h_B)$$

### La ecuación fundamental de la hidrostática

Todos los líquidos pesan, por ello cuando están contenidos en un recipiente las capas superiores oprimen a las inferiores, generándose una presión debida al peso. La presión en un punto determinado del líquido deberá depender entonces de la altura de la columna de líquido que tenga por encima de él.

$$P_r = P_e . h$$

Esta ecuación indica que para un líquido dado y para una presión exterior constante la presión en el interior depende únicamente de la altura. Por tanto, todos los puntos del líquido que se encuentren al mismo nivel soportan igual presión. Ello implica que ni la forma de un recipiente ni la cantidad de líquido

que contiene influyen en la presión que se ejerce sobre su fondo, tan sólo la altura de líquido. Esto es lo que se conoce como paradoja hidrostática, cuya explicación se deduce a modo de consecuencia de la ecuación fundamental.

### FLOTACIÓN - PESO Y EMPUJE

El peso de un cuerpo es la fuerza con que la Tierra lo atrae. Si digo que el peso de un cuerpo es de 2 kg, quiere decir que si lo pongo en un dinamómetro, el mismo va a marcar 2 Kgf.

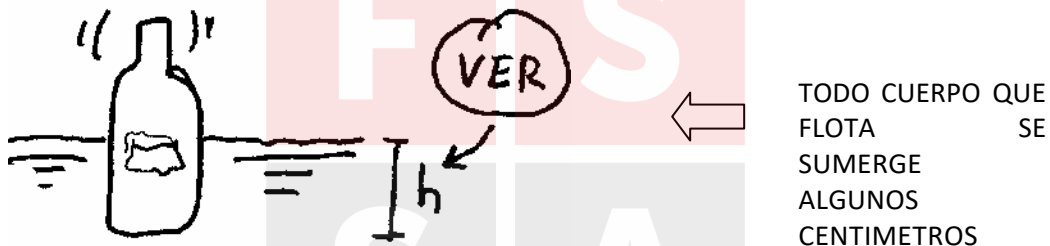
Ahora, ocurre un fenómeno extraño: Si uno sumerge un cuerpo en agua, da la impresión pesar menos. Las cosas parecen ser más livianas si están abajo del agua. Y si el objeto es muy liviano, flota. (Telgopor, corcho) Veamos por qué pasa esto.

La cosa es así: Los tipos descubrieron que “no es que los cuerpos sumergidos pesen menos”. El peso de un cuerpo es siempre el mismo. Lo que pasa es que al ponerlo en el agua, el cuerpo recibe una fuerza hacia arriba llamada EMPUJE. Como esta fuerza empuja para arriba, el cuerpo da la impresión de pesar menos.

Pregunta: ¿De dónde sale la fuerza de empuje? ¿Qué es lo que la genera?

Rta: Bueno, esto es un poco largo para explicar. A grandes rasgos te puedo decir así:

Si vos ponés un cuerpo a flotar, el objeto siempre se sumerge un poco. Fijate:



Esta presión empuja sobre el fondo de la botella. La presión a 10 cm de profundidad multiplicada por la superficie del fondo de la botella genera la fuerza de empuje. Esta fuerza va hacia arriba porque la presión empuja para arriba. Un cuerpo recibe empuje cuando está flotando pero también cuando está sumergido.

Veamos los 2 casos:

a) CUERPO FLOTANDO

El empuje se ejerce sobre la base del cuerpo. El peso se compensa con el empuje.

b) CUERPO SUMERGIDO

Al estar ahora el cuerpo sumergido, la cara de abajo está más hondo que la cara de arriba. Quiere decir que hay más presión en la cara de abajo que en la cara de arriba. Esa diferencia de presión genera el empuje.

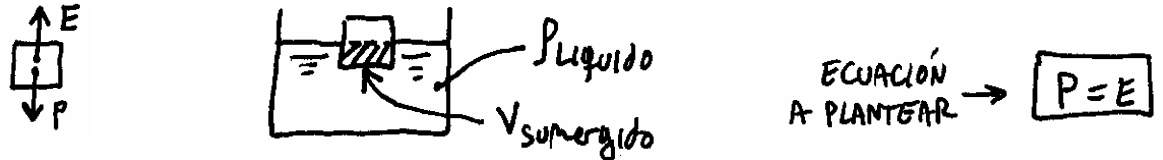
### ¿CÓMO SE CALCULA EL EMPUJE ?

Cuando un cuerpo se sumerge en el agua, desaloja una cierta cantidad de líquido. La fuerza de empuje es el peso de ese volumen de líquido desalojado. Esto es lo que se conoce como principio de Arquímedes que dice:

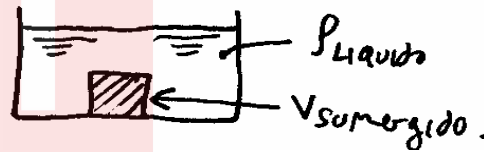
“Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje de abajo hacia arriba, igual al peso del volumen del líquido desalojado”

ECUACIÓN A PLANTEAR.

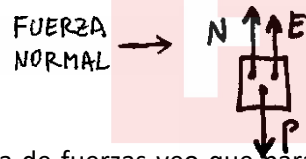
Si un cuerpo flota en el agua, está en equilibrio. No se mueve. En ese caso, la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo vale CERO. Quiere decir que se tiene que cumplir que el peso debe ser igual al empuje.



Ahora vamos al caso de algo que está hundido en el fondo. En esta situación el objeto está en equilibrio porque no se mueve. Hagamos un dibujito :



Ahora dibujo las fuerzas que están aplicadas sobre el cuerpo:



Mirando el diagrama de fuerzas veo que para mantener el equilibrio se tiene que cumplir que el peso es igual al empuje + la reacción normal. Es decir que :

ECUACION A PLANTEAR →  $P = N + E$

Tanto si el cuerpo está flotando como si está totalmente sumergido, el empuje se calcula como el peso del volumen de líquido desalojado. Si lo pensás un poquito, vas a ver que el peso del volumen desalojado es el peso específico del líquido por el volumen de líquido desalojado. Entonces el empuje siempre se calcula como:

(VER) →  $E = \rho_{\text{LIQ}} \cdot V_{\text{SUM}}$  ← ECUACION PARA CALCULAR EL EMPUJE

HIDRODINÁMICA

Modelización del sistema circulatorio y analogía con un circuito eléctrico

El sistema circulatorio está formado por un sistema de conductos cerrados que comienza y acaba en el corazón.

Esto lo vemos representado en la Figura N° 1

El movimiento de la sangre es generado por la capacidad del corazón para actuar como bomba que establece un gradiente de presión entre los lados arterial y venoso del sistema circulatorio.

La circulación está formada por dos circuitos conectados en serie: circulación sistémica y circulación pulmonar. La Figura N° 2 muestra un esquema del sistema circulatorio.

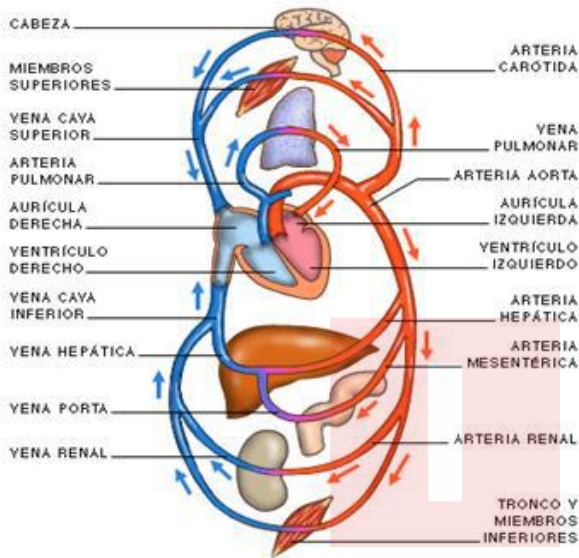


Figura N° 1

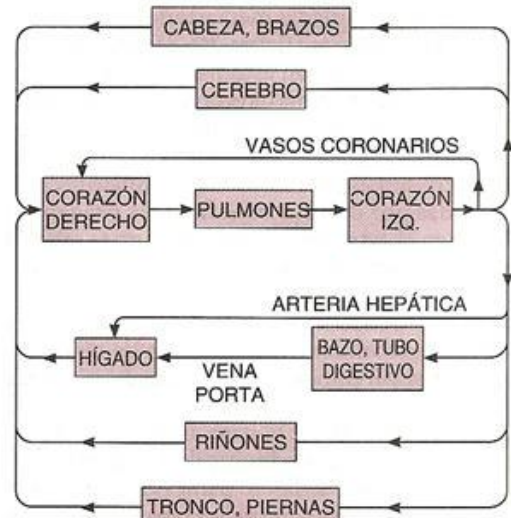


Figura N° 2

Lo primero que se debe hacer para aplicar las leyes de la hidrodinámica es simplificar, el sistema circulatorio y construir un modelo sencillo haciendo una analogía con un circuito eléctrico.

En la Figura N°3 a) se esquematiza una bomba (el corazón) que crea una diferencia de presión:  $p_1 - p_2$  para impulsar un caudal  $Q$  (de sangre) a través de la resistencia  $R$  (resistencia hidrodinámica).

Este esquema se asemeja mucho al de un circuito eléctrico:  
Ver Figura N°3 b)

la bomba se reemplaza por una fuente de corriente continua: pila o batería  
la sangre se transforma en corriente de electrones, o corriente eléctrica  
las arterias, venas, capilares se reemplazan por los cables conductores de la corriente eléctrica.

la resistencia hidrodinámica se convierte en resistencia eléctrica.

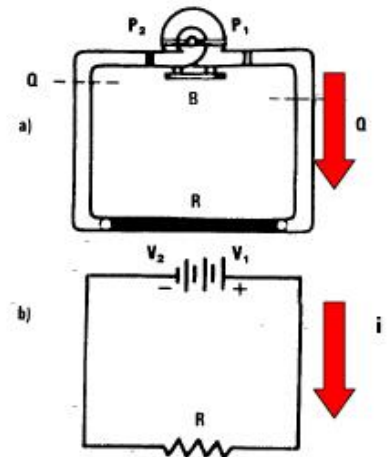


Figura N° 3

Caudal o Flujo

Caudal (  $Q$  ) o flujo: Es la cantidad de un fluido (agua, sangre, etc) que circula por un conducto (caño, tubo, arteria, vena, etc.) en un intervalo de tiempo.

$$Q = V : t$$

donde  $V$  representa el volumen de fluido que circula por una sección.



**Ejemplo N°1:** Si por un conducto han circulado 54 litros de agua en 24s, el caudal es:

$$Q = V. t = 54 \text{ l} : 24 \text{ s} = 2,25 \text{ l/s}$$

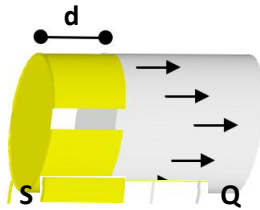
El caudal es el volumen que circula dividido el tiempo que transcurre.

El flujo sanguíneo se define como la cantidad de fluido que pasa por una determinada sección del sistema circulatorio en la unidad de tiempo. El volumen total ocupado por la sangre recibe el nombre de **volemia** y es el volumen de agua, los sólidos del plasma y los sólidos de las células sanguíneas. La volemia es de unos 70 a 80 ml de sangre por kilogramo de peso corporal. Para una persona de 70 kg, son unos 4900 a 5600 mililitros de sangre. Para un adulto sano se toma como 5000 mL (5 L)

**Otra fórmula para el caudal**

El líquido al moverse dentro del caño recorre una cierta distancia "d" ver Figura N°4. Entonces al volumen que circula se puede escribir como :

**Volumen = Sección x distancia.**



$$Q = \frac{S \cdot d}{\Delta t}$$

velocidad

$$Q = S \cdot v$$

Q = S.v  
 caudal →      ← Sección del tubo  
 ← Velocidad del fluido

**Figura N°4**

S es la sección interna del caño o tubo, también se la llama área A y la fórmula de caudal queda

$Q = S \cdot v$	$Q = A \cdot v$
-----------------	-----------------

**Volumen minuto cardíaco (VMC)**

El corazón, actuando como una bomba mecánica, impulsa la sangre por la aorta. El volumen de sangre que pasa por unidad de tiempo por la aorta es el flujo o caudal (Q). Se lo llama Gasto cardíaco y cuando la unidad es el minuto se llama Volumen minuto cardíaco .El caudal o Gasto cardíaco es :

$$VMC = \frac{1}{5} = 0,083 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

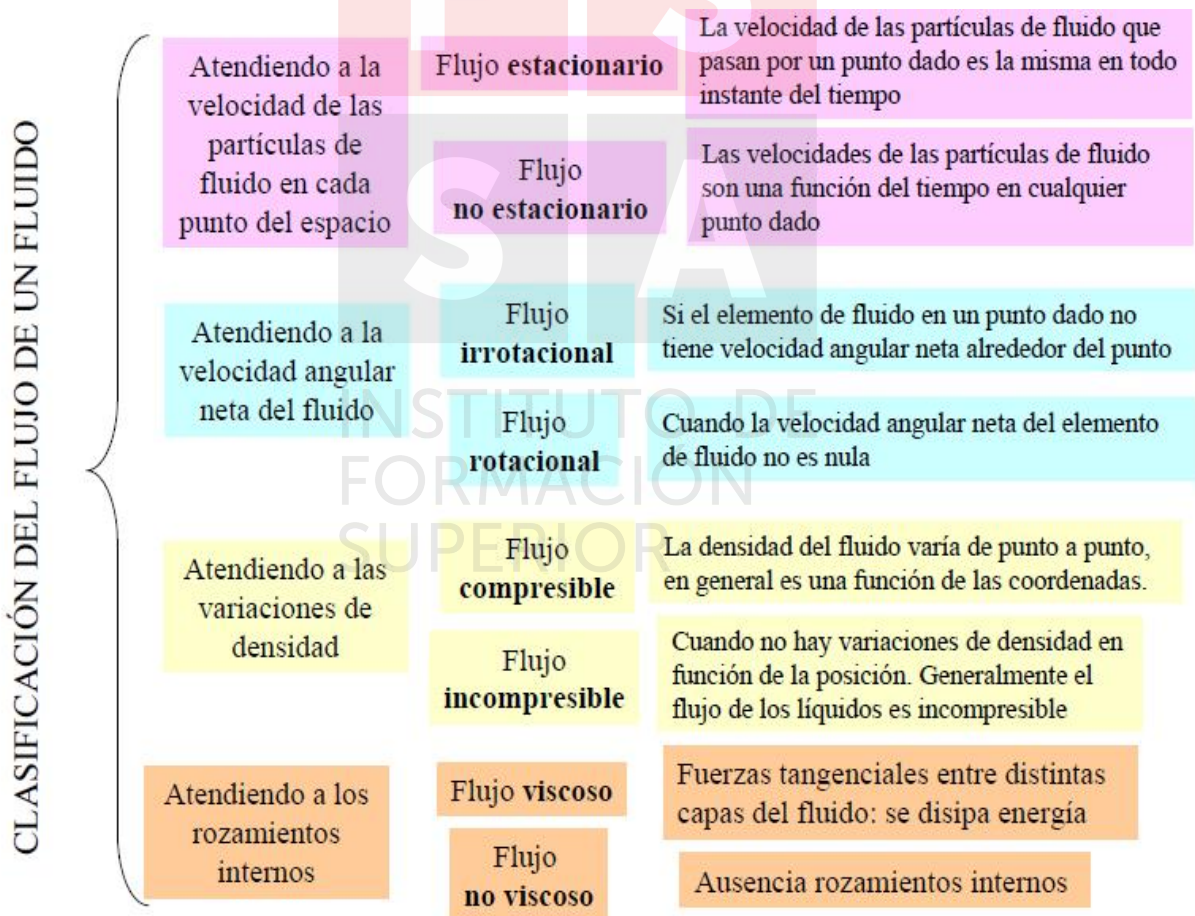
**Fluido: características**

La materia se presenta en los estados de agregación: líquido, gaseoso o sólido. Un sólido tiene forma y volumen definidos, un líquido mantiene su volumen pero adopta la forma del recipiente que lo contiene mostrando una superficie libre y un gas no tiene ni forma ni volumen propio. **Los líquidos y los gases son fluidos.**

Las fuerzas de atracción entre las moléculas de un sólido son tan grandes que éste tiende a mantener su forma, pero éste no es el caso de los **fluidos (líquidos y gases)**, donde las fuerzas de atracción entre las moléculas son más pequeñas. Otra diferencia entre sólidos y fluidos es su respuesta frente a la acción de un esfuerzo. Los sólidos se deformarán mientras persista un esfuerzo suficiente, ya que oponen una fuerza igual y de sentido contrario a la aplicada, y tienden a recuperar su forma primitiva total o parcialmente cuando cesa el esfuerzo.

Los fluidos fluyen por pequeño que sea el esfuerzo, es decir, cambian continuamente de forma, mientras persista dicho esfuerzo, ya que no presentan una fuerza que se oponga a la aplicada, lo que indica que no hay tendencia a recuperar la forma primitiva al cesar el esfuerzo aplicado.

Ciertos materiales (parafina, gelatina, alquitrán, etc.) no son fáciles de clasificar en uno de estos dos estados de la materia, ya que se comportan como sólidos si el esfuerzo aplicado es menor que un cierto valor crítico, mientras que su comportamiento es como el de los fluidos cuando dicho valor crítico del esfuerzo es superado. A estos materiales se les denomina fluidos complejos y su estudio pertenece a una ciencia específica denominada Reología.



**Tipos de fluidos:**

**Fluido ideal**

El comportamiento de un fluido ideal tiene las siguientes características:

- 1.-Fluido **no viscoso**: se desprecia la fricción interna entre las distintas partes del fluido.
- 2.-Flujo **estacionario**: la velocidad del fluido en un punto es constante con el tiempo.
- 3.-Fluido **incompresible**: la densidad del fluido permanece constante con el tiempo.
- 4.-Flujo **irrotacional**: no presenta torbellinos, es decir, no hay momento angular del fluido respecto de cualquier punto.

Si un **fluido ideal** se mueve sin rozamiento y la velocidad del flujo es la misma en todas las partes del conducto, se dice que es un **flujo lineal**.

**Fluido real**

En la práctica el fluido ideal con flujo lineal no existe porque cualquier fluido al moverse roza con la superficie de contacto, es decir tiene viscosidad. Lo que se mueve por el sistema circulatorio humano es SANGRE, compuesta por agua y sustancias disueltas que forman soluciones verdaderas (glucosa, urea, ácido úrico, bicarbonato, sodio, potasio, etc.), soluciones coloidales (proteínas plasmáticas) y suspensiones (eritrocitos). Todo ello forma un líquido que presenta **viscosidad**.



Fluidos reales: a)Flujo laminar                      b)Flujo turbulento

**Ecuación de continuidad (conservación de la masa)**

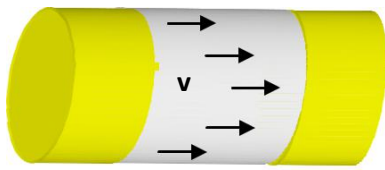
Si por un conducto que tiene un diámetro de 10 cm están entrando 5 litros por minuto de fluido. Pregunta: ¿qué cantidad de líquido está saliendo por el otro extremo del conducto?

**Qentra**

**Qsale**

No hay que pensarlo mucho: "todo lo que entra, tiene que salir". Figura N° 5.

Si entran 5 litros por minuto, tiene que estar saliendo 5 litros por minuto.



Dicho de otra manera: **el caudal que entra es igual al caudal que sale.** Por lo tanto:

$$Q \text{ entra} = Q \text{ sale}$$

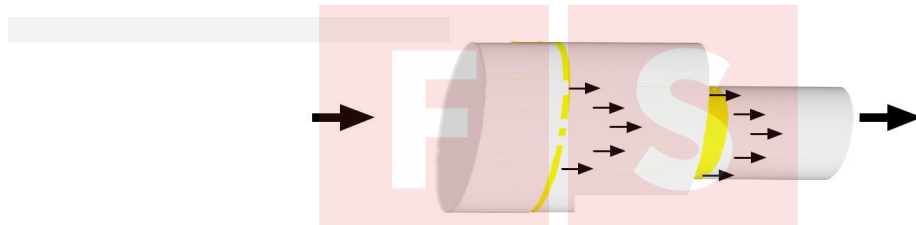
$$Q_e = Q_s$$

Figura N° 5

Como el caudal se calcula como A (área de la sección transversal) x velocidad (v) Figura N°6, la fórmula es :

A entrada . V entrada = A salida . V salida Esta fórmula es la llamada **Ecuación de continuidad.**

En esta fórmula **Ve** es la velocidad del líquido a la entrada y **Ae** es la superficie o área del conducto a la entrada y los **Vs** y **As** son los valores para la salida.



El nombre "**continuidad**" significa que el **caudal** siempre es **continuo**, no se interrumpe. Aunque el conducto cambie su sección, siempre se cumple que todo lo que entra tiene salir.

$$\text{La ecuación } A_{\text{entrada}} \cdot v_{\text{entrada}} = A_{\text{salida}} \cdot v_{\text{salida}}$$

- Se usa para todo tipo de conducto , aunque sea de ancho constante o cambie su sección (Fig.N°6)
- Se aplica en fluidos ideales o reales.

Esta fórmula no se podría usar únicamente si el caño tuviera una pérdida en el medio o si el líquido pudiera comprimirse, (como si fuera un gas).

Como el caudal es constante, para mantener constante el producto  $A \cdot v$  o  $S \cdot v$

**Si la sección(A) disminuye la velocidad del fluido aumenta.**

Cuando el área de sección transversal de todos los vasos aumenta, como en los capilares, la velocidad disminuye y cuando el área de sección transversal disminuye, como en las venas, la velocidad aumenta. Esta relación inversa entre la sección y la velocidad sólo es válida si el caudal es el mismo.

**Fluidos ideales en movimiento: Ecuación de Bernoulli**

El teorema de Bernoulli afirma que la energía mecánica total de un fluido **incompresible y no viscoso** (sin rozamiento) es constante a lo largo de una línea de corriente (trayectoria seguida por una partícula de líquido en movimiento)

El teorema de Bernoulli relaciona los efectos de la presión, la velocidad y la gravedad.

$$P_e + \frac{1}{2} \delta v_e^2 + \delta g h_e = P_s + \frac{1}{2} \delta v_s^2 + \delta g h_s \quad \leftarrow \text{ECUACION DE BERNOULLI}$$

Esta fórmula es la ecuación de la conservación de la energía para un líquido ideal.

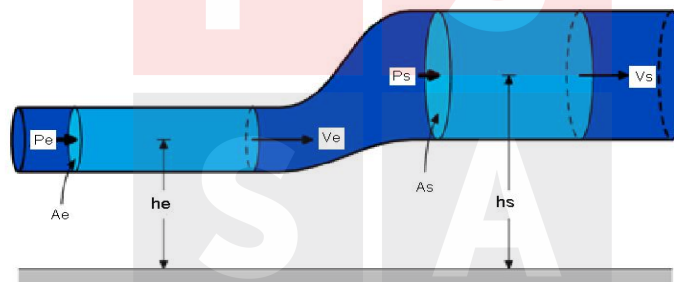


Figura N°7

Considerando:

$P_e$  = Presión en la entrada. ( Pa = N /m<sup>2</sup>)

$\delta$  = densidad del líquido. ( Kg/m<sup>3</sup>)

$v_e$  = Velocidad del líquido en la entrada. (m/s)

$h_e$  = Altura del líquido en la entrada. (m)

$P_s$  = Presión en la salida. ( Pa =N /m<sup>2</sup>)

$g$  : Aceleración de la gravedad ( g = 9,8m/s<sup>2</sup> )

$v_s$  = Velocidad del líquido en la salida. (m/s)

$h_s$  = Altura del líquido en la salida.(m)

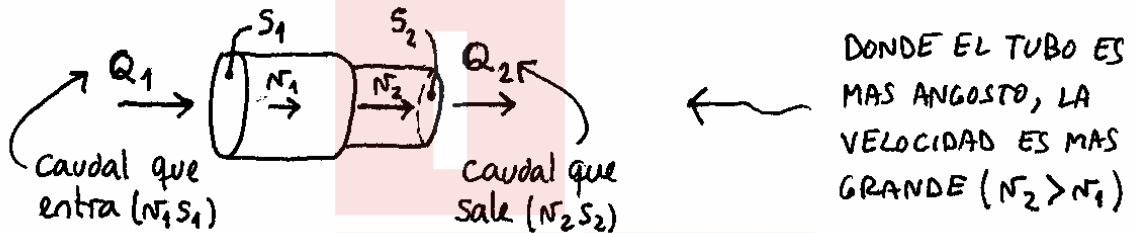
Considerando la conservación de la energía mecánica la Ecuación de Bernoulli queda:

$$p + \delta g h + \frac{1}{2} \delta v^2 = cte$$

**CONCEPTOS PRINCIPALES DE LA HIDRODINÁMICA**

**UNO: A MAYOR SECCIÓN, MENOR VELOCIDAD**

De la ecuación de continuidad hago una deducción importante: si el valor  $V \times S$  siempre se tiene que mantener constante, entonces donde el tubo sea más angosto LA VELOCIDAD SERÁ MAYOR



Esto pasa porque el caudal que circula es constante. Entonces si el tubo se hace más angosto, para que pueda circular el mismo caudal, la velocidad de líquido tiene que aumentar. Exactamente lo contrario pasa si el caño se hace más ancho. La velocidad del líquido tiene que disminuir para que pueda seguir pasando el mismo caudal.

**DOS: A MAYOR VELOCIDAD, MENOR PRESIÓN**

Algo importante que se puede deducir de la ecuación de Bernoulli es que en el lugar donde la velocidad del líquido que circula sea mayor, la presión será menor. Aclaración importante: Esto pasa solo si el tubo es horizontal. ( Ojo). Recordá la fórmula para tubos horizontales:

$$P_e + \frac{1}{2} \delta v_e^2 = P_s + \frac{1}{2} \delta v_s^2$$

← ECUACION DE BERNOULLI PARA TUBOS HORIZONTALES

Es un poquito complicado explicar como se deduce que a mayor velocidad del líquido, menor presión. A ver si me seguís: Fijate que la ecuación tiene 2 términos del lado izquierdo y 2 términos del lado derecho.

En realidad el término  $P_e + \frac{1}{2} \delta v^2$  vale lo mismo que el término  $P_s + \frac{1}{2} \delta v^2$

Quiero decir si el lado izquierdo de la ecuación vale 5, el lado derecho también tiene que valer 5. Entonces, fijate esto. Supongamos que vos estás regando con una manguera y apretás la punta. El diámetro de la manguera se achica y ahora el agua sale con mayor velocidad.

Lo que hago es aumentar la velocidad de salida. Al aumentar la velocidad de salida, la Presión de salida tendrá que disminuir. ¿Por qué?

Rta: Bueno,  $v$  aumenta, pero el término  $P_s + \frac{1}{2} \delta v^2$  tiene que seguir valiendo lo mismo que antes. Entonces  $P_s$  tiene que hacerse más chica para que se siga cumpliendo la igualdad.

Es decir que si la velocidad a la salida **aumenta**, la presión a la salida va a **disminuir**.

Este concepto de que " a mayor velocidad, menor presión " es bastante anti-intuitivo. Lo que termina pasando es al revés de lo que uno diría que tiene que pasar. Lo razonable sería decir que " a mayor velocidad, mayor presión ". Pero no es así. Lo que ocurre en la realidad es lo contrario. Es decir, repito, a **mayor** velocidad, **menor** presión.

El concepto de " mayor velocidad, menor presión " tenés que saberlo porque se usa un montón en los problemas. También es común que tomen preguntas teóricas que finalmente se terminan resolviendo aplicando la idea de que " a mayor velocidad, menor presión ".

CONCLUSIÓN:

**RECORDAR MAYOR VELOCIDAD MENOR PRESIÓN**

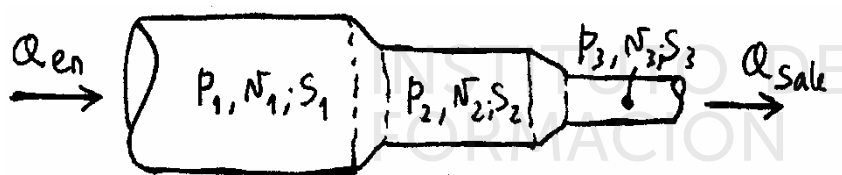
**TRES: A MAYOR SECCION, MAYOR PRESION**

Hasta ahora relacioné el concepto de sección con el de velocidad y el concepto de velocidad con el de presión. Ahora voy a relacionar el concepto de sección con el de presión. Fijate:

Por un lado te dije que a menor sección, mayor velocidad. ( Continuidad ). Por otro lado te dije que a mayor velocidad, menor presión. ( Bernoulli en tubos horizontales ). Uniendo estas 2 ideas en una sola, puedo decir que a menor sección, menor presión. O lo que es lo mismo, **a mayor sección, mayor presión**.

Esta conclusión significa que donde mayor sea el diámetro del tubo, mayor va a ser la presión en el líquido que circula. ( Esto vale sólo para tubos horizontales ). Si pensás un poco te vas a dar cuenta que esta conclusión también es bastante anti-intuitiva. Pero bueno, Así son las cosas.

Hagamos un esquema y resumamos las 3 frases célebres de la hidrodinámica :



Mayor velocidad, menor presión  $\Rightarrow$   $P_3 < P_2 < P_1$

Mayor Sección, Mayor presión  $\Rightarrow S_1 > S_2 > S_3 \Rightarrow P_1 > P_2 > P_3$

Mayor Sección, menor velocidad  $\Rightarrow N_1 < N_2 < N_3$

UNA ULTIMA COSA: A veces en los problemas piden calcular la **DIFERENCIA DE PRESIÓN**. Diferencia significa resta. Esto quiere decir que te están pidiendo que hagas la cuenta  $P_{salida} - P_{entrada}$ .  
Entonces:

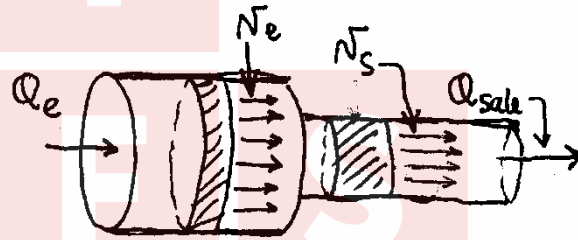
$$P = P_s - P_e \quad \text{DIFERENCIA DE PRESIÓN}$$

**Ejemplo de cómo se usan las ecuaciones de Bernoulli y de continuidad.**

Por un caño horizontal circula un caudal de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ . de agua.

- a) - calcular la velocidad del agua en una parte donde al caño tiene una sección de  $2 \text{ m}^2$  y en otra parte donde el caño tiene una sección de  $1 \text{ m}^2$
- b) - calcular la diferencia de presión que existe entre estas 2 secciones
- c) - donde es mayor la presión, ¿ en la sección de  $2 \text{ m}^2$  o en la de  $1 \text{ m}^2$  ?

Hago un dibujito de lo que plantea el problema. Tengo un caño horizontal por donde circula un caudal de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$  de agua. Sección entrada =  $2 \text{ m}^2$  Sección salida =  $1 \text{ m}^2$



- a) - Para calcular las velocidades a la entrada y a la salida planteo continuidad:  $Q = V \times S$   
El caudal me lo dan y es de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Entonces calculo las velocidades:

$$Q = v \times S$$

$$v_e \times 2 \text{ m}^2 = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$\Rightarrow v_e = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \leftarrow \text{VELOCIDAD A LA ENTRADA}$$

$$v_s \times 1 \text{ m}^2 = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$\Rightarrow v_s = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \leftarrow \text{VELOCIDAD A LA SALIDA.}$$

- b) - Para calcular la diferencia de presión planteo Bernoulli para tubos horizontales:

$$P_e + \frac{1}{2} \rho v_e^2 = P_s + \frac{1}{2} \rho v_s^2$$

Como me piden la diferencia de presión, voy a pasar las 2 presiones para el mismo lado. Me queda:

$$P_e - P_s = \frac{1}{2} \rho (v_s^2 - v_e^2)$$



Conviene recordar la expresión de Bernoulli escrita así. A alguna gente le resulta mas fácil trabajar con la ecuación puesta en función de la diferencia de presiones. Reemplazando por los datos me queda el siguiente choclazo:

$$\Rightarrow \Delta P = \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \left[ \left( 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left( 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right]$$

$$\Rightarrow \Delta P = 37.500 \text{ Pa} \quad \leftarrow \text{DIFERENCIA DE PRESIÓN}$$

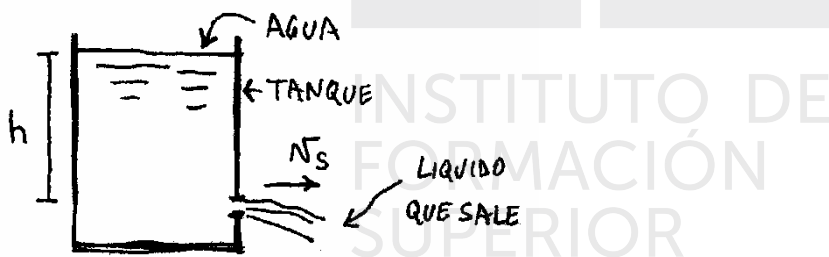
c) – La presión a la entrada es mayor que a la salida. Me doy cuenta de eso porque a la entrada la velocidad es menor (La sección a la entrada es más grande ). Y como la velocidad es menor, la presión será mayor. Para deducir esto apliqué el principio de mayor velocidad, menor presión.

### EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI

Hay algunas situaciones que suelen tomar en los parciales. Pueden ser preguntas teóricas o pueden ser problemas en donde haya que aplicar Bernoulli. Fijate:

#### 1-TEOREMA DE TORRICELLI

Imaginate un tanque con agua. Le hacés un agujero a una profundidad h por debajo de la superficie. El agua va a empezar a salir con cierta velocidad.



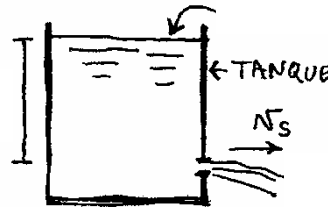
El teorema de Torricelli te da la manera de calcular la velocidad con la que sale el agua por el agujero. La fórmula de Torricelli es :

$$V_s = \sqrt{2gh} \quad \leftarrow \text{TEOREMA DE TORRICELLI}$$

En esta fórmula g es la aceleración de la gravedad.  $V_s$  es la velocidad con la que sale el agua en m/s. Hache es la profundidad del agujero. Va en metros y se mide desde la superficie del agua.  
Atención: El agujero puede estar en las paredes o en el fondo del tanque.

Ejemplo:

Un tanque contiene alcohol (densidad  $0,8 \text{ g/cm}^3$ ) Se le hace un agujerito de  $1 \text{ mm}$  de radio en el costado a una distancia de  $20 \text{ cm}$  por debajo de la superficie del líquido. Calcular con que velocidad sale el alcohol por el orificio.



Solución: Aplico el teorema de Torricelli. La velocidad de salida es raíz de  $2g$  hache. Entonces:

$$V_s = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,2 \text{ m}}$$

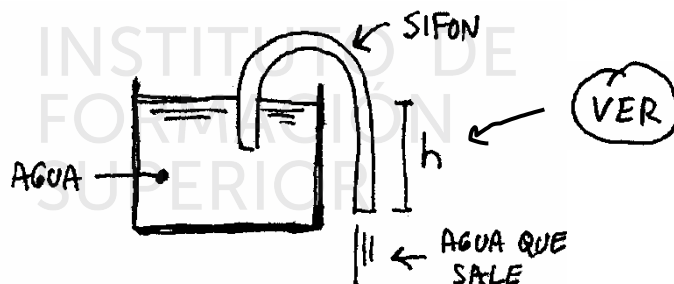
VELOCIDAD DE SALIDA

$$V_s = 2 \text{ m/s} \quad \leftarrow$$

NOTA: La velocidad con que la que sale el agua no depende de la densidad del líquido ni del tamaño del agujerito.

2 - SIFON

Para la física, un sifón es un cañito que se usa para pasar líquidos de un lado a otro . Vendría a ser una cosa así:



Lo que uno puede calcular aplicando Bernoulli es la velocidad con que va a salir el agua.

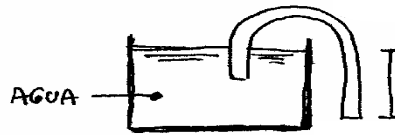
Al igual que pasa en el teorema de Torricelli, acá también la velocidad de salida es raíz de  $2g$  hache:

$$V_s = \sqrt{2gh} \quad \leftarrow \text{SIFON}$$

Atención: Acá  $h$  es la distancia que va desde la parte de abajo del tubo hasta la superficie del agua. ( Ver dibujo )

**EJEMPLO:**

Calcular con que velocidad sale el aceite de densidad  $0,8 \text{ g/cm}^3$  por un sifón de radio igual a  $1 \text{ cm}$  y una altura  $h = 0,2 \text{ m}$



Solución: Aplico la fórmula para el sifón. La velocidad de salida es raíz de  $2gh$ .

Entonces :

$$V_s = \sqrt{2gh}$$

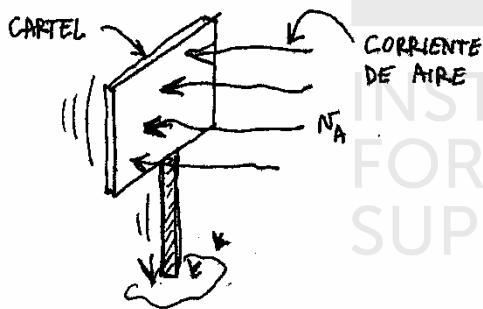
$$V_s = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,2 \text{ m}}$$

$$V_s = 2 \text{ m/s}$$

**NOTA:** La velocidad de salida no depende de la densidad del líquido ni del tamaño o forma del tubo.

**3- VIENTO SOBRE UN CARTEL**

Imaginate que tenés un cartel o alguna superficie plana en donde pega el viento.



El viento ejerce una fuerza al pegar sobre el cartel. Esa fuerza se puede calcular por Bernoulli. La fórmula es :

$$F = \frac{1}{2} \rho_{\text{aire}} V_A^2 \cdot \text{Sup}_{\text{cartel}}$$

← FUERZA QUE EJERCE EL VIENTO SOBRE EL CARTEL

En esta ecuación  $\rho_{\text{aire}}$  es la densidad del aire =  $1,3 \text{ kg/m}^3$  ,  $V_A$  es la velocidad del aire en  $\text{m/seg}$ ,  $\text{Sup}_{\text{c}}$  es la superficie del cartel en  $\text{m}^2$  .

EJEMPLO

Calcular que fuerza ejerce un viento de 36 Km/h sobre un cartel de 1 m<sup>2</sup> de superficie

Solución: La fuerza del aire sobre el cartel es:

$$F = 0,5 \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot (v_{\text{aire}})^2 \cdot S_{\text{sup}}$$

$$F = \frac{1}{2} \rho_{\text{AIRE}} v_{\text{A}}^2 \cdot S_{\text{sup cartel}}$$

$$F = 0,5 \times 1,3 \text{ kg/m}^3 \times (10 \text{ m/seg})^2 \times 1 \text{ m}^2$$

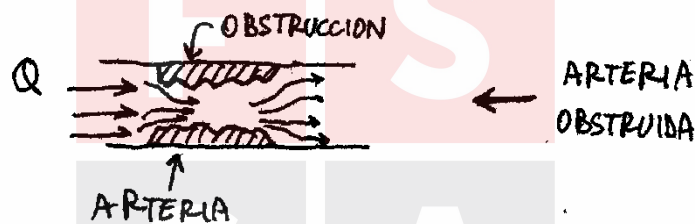
$$F = 65 \text{ N} = 6,5 \text{ Kgf}$$

FUERZA QUE EJERCE EL VIENTO SOBRE EL CARTEL

RTEL

**4 – ARTERIA O VENA CON UNA OBSTRUCCION**

Parece que en la medicina es bastante común que las arterias o las venas se taponen con cosas tipo colesterol y demás. Concretamente la situación es esta:



Si se le pregunta a una persona que cree que va a ocurrir con la arteria cuando se obstruye, la respuesta mas común es esta: Y bueno, al chocar con la obstrucción, la sangre se va a frenar y va a empezar a presionar hacia fuera porque quiere pasar. Por lo tanto la arteria se va a dilatar y se va a formar como un globo.

Este razonamiento es muy lindo y muy intuitivo pero está **MAL**. Lo que pasa es **justo al revés**. Fijate. El caudal que manda el corazón es constante. Este caudal no se frena por ningún motivo.

Para poder pasar por la obstrucción lo que hace la sangre es aumentar su velocidad. La velocidad aumenta porque el diámetro de la arteria disminuye.

Entonces,...¿ qué es lo que pasa ?

Y bueno, razonemos con la frase salvadora de la hidrodinámica. Esta frase es:

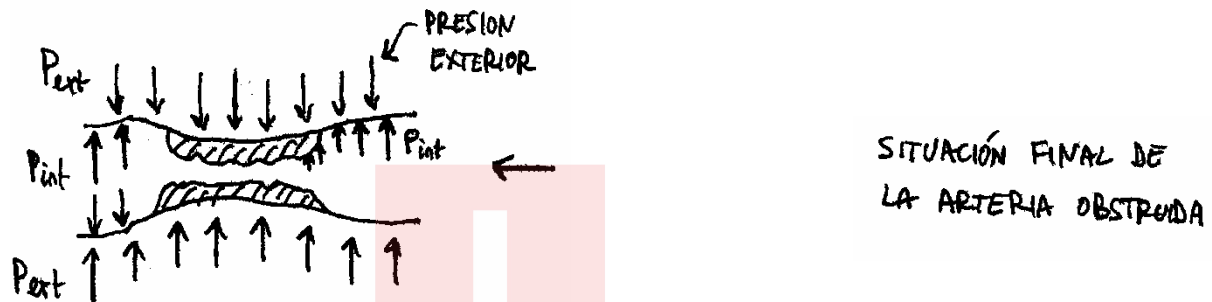
MAYOR VELOCIDAD,  
 MENOR PRESION

Conclusión: al aumentar la velocidad dentro de la arteria, la presión adentro tiene que disminuir. Pero afuera de la arteria la presión sigue siendo la misma. Entonces la presión de afuera le gana a la presión de adentro y la arteria se comprime.

¿ Y qué pasa al comprimirse la arteria ?

Rta: La obstrucción se cierra más. Esto provoca un aumento de la velocidad dentro de la obstrucción, lo que a su vez obliga a la arteria a cerrarse más todavía.

De esta manera, la arteria se va cerrando más y más hasta que sobreviene el **COLAPSO**. Esto significa que la arteria tiende a cerrarse del todo e impide el pasaje de sangre.



Esto es lo que ocurre cuando una persona tiene un ataque cardíaco. Creo que también pasa en el cerebro y en otros lados. Me parece que a este asunto los médicos lo llaman trombosis o algo así. Esta es una de las pocas aplicaciones verdaderas – verdaderas que tiene la biofísica a la medicina.

### UNIDAD Nº 3: TERMODINAMICA

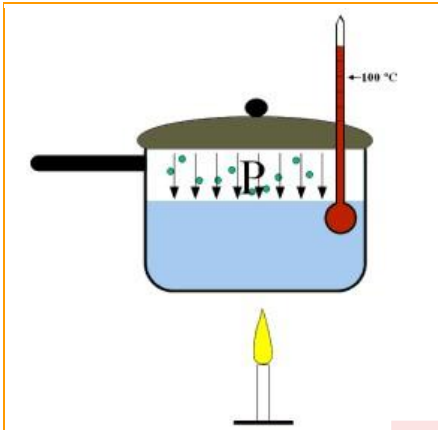
#### Calor y Temperatura

Cuando decimos que algo está caliente o que está frío, lo que queremos decir realmente es que su **temperatura** es alta o baja. La sensación de calor o frío que nuestro cuerpo tiene nos orienta acerca de la temperatura, pero el tacto no es un buen instrumento de medida.

Prueba a realizar la siguiente experiencia:

1. Introduce tu mano izquierda en un recipiente con agua fría, y tu mano derecha en un recipiente con agua caliente.
2. Después, introduce las dos manos en un recipiente con agua templada. Comprobarás que tu mano izquierda tiene sensación de calor y tu mano derecha, de frío.

Efectivamente, el tacto puede no ser un buen instrumento de medida.



**Al aplicar calor, sube la temperatura.**

El calor es una cantidad de energía y es una expresión del movimiento de las moléculas que componen un cuerpo.

Cuando el calor entra en un cuerpo se produce calentamiento y cuando sale, enfriamiento. Incluso los objetos más fríos poseen algo de calor porque sus átomos se están moviendo.

### Temperatura

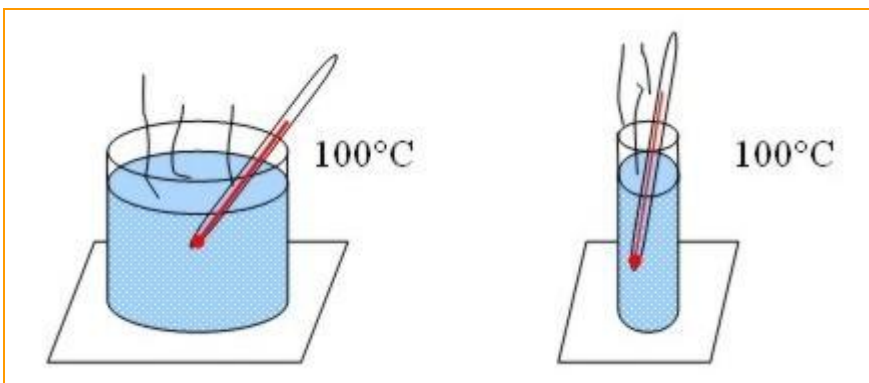
La temperatura es la medida del calor de un cuerpo (y no la **cantidad de calor** que este contiene).

### Diferencias entre calor y temperatura

Todos sabemos que cuando calentamos un objeto su temperatura aumenta. A menudo pensamos que calor y temperatura son lo mismo. Sin embargo, esto no es así. El calor y la temperatura están relacionadas entre sí, pero son conceptos diferentes.

Como ya dijimos, el calor es la energía total del movimiento molecular en un cuerpo, mientras que la temperatura es la medida de dicha energía. El calor depende de la velocidad de las partículas, de su número, de su tamaño y de su tipo. La temperatura no depende del tamaño, ni del número ni del tipo.

Por ejemplo, si hacemos hervir agua en dos recipientes de diferente tamaño, la temperatura alcanzada es la misma para los dos,  $100^{\circ}\text{C}$ , pero el que tiene más agua posee mayor cantidad de calor.



**Misma temperatura, distinta cantidad de calor.**

El calor es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya. Si añadimos calor, la temperatura aumenta. Si quitamos calor, la temperatura disminuye.

La temperatura no es energía sino una medida de ella; sin embargo, el calor sí es energía.

### Escalas termométricas

Existen varias **escalas termométricas** para medir temperaturas, relativas y absolutas.

A partir de la sensación fisiológica, es posible hacerse una idea aproximada de la temperatura a la que se encuentra un objeto. Pero esa apreciación directa está limitada por diferentes factores; así el intervalo de temperaturas a lo largo del cual esto es posible es pequeño; además, para una misma temperatura la sensación correspondiente puede variar según se haya estado previamente en contacto con otros cuerpos más calientes o más fríos y, por si fuera poco, no es posible expresar con precisión en forma de cantidad los resultados de este tipo de apreciaciones subjetivas. Por ello para medir temperaturas se recurre a los termómetros.

En todo cuerpo material la variación de la temperatura va acompañada de la correspondiente variación de otras propiedades medibles, de modo que a cada valor de aquella le corresponde un solo valor de ésta. Tal es el caso de la longitud de una varilla metálica, de la resistencia eléctrica de un metal, de la presión de un gas, del volumen de un líquido, etc. Estas magnitudes cuya variación está ligada a la de la temperatura se denominan propiedades termométricas, porque pueden ser empleadas en la construcción de termómetros.

Para definir una escala de temperaturas es necesario elegir una propiedad termométrica que reúna las siguientes condiciones:

1. La expresión matemática de la relación entre la propiedad y la temperatura debe ser conocida.
2. La propiedad termométrica debe ser lo bastante sensible a las variaciones de temperatura como para poder detectar, con una precisión aceptable, pequeños cambios térmicos.
3. El rango de temperatura accesible debe ser suficientemente grande.

Una vez que la propiedad termométrica ha sido elegida, la elaboración de una escala termométrica o de temperaturas lleva consigo, al menos, dos operaciones; por una parte, la determinación de los puntos fijos o temperaturas de referencia que permanecen constantes en la naturaleza y, por otra, la división del intervalo de temperaturas correspondiente a tales puntos fijos en unidades o grados.

Lo que se necesita para construir un termómetro, son puntos fijos, es decir procesos en los cuales la temperatura permanece constante. Ejemplos de procesos de este tipo son el proceso de ebullición y el proceso de fusión.

Existen varias escalas para medir temperaturas, las más importantes son la escala Celsius, la escala Kelvin y la escala Fahrenheit.

### Escala Celsius o centígrada

La escala Celsius o centígrada asigna el valor cero al punto de congelación o solidificación del agua y el valor 100 al punto de ebullición de la misma a la presión de una atmósfera. Cada unidad, debido a la variación lineal con la temperatura, será 1/100 del intervalo y se llama grado Celsius o centígrado (°C).

### Escala Fahrenheit

Otra escala de temperaturas, muy utilizada en Norteamérica fuera de los ambientes científicos es la escala Fahrenheit. En esta escala se efectúan 180 divisiones en el intervalo definido por los puntos fijos, asignando a estos puntos los valores 32 y 212, respectivamente.

La relación entre la temperatura expresada en grados centígrados y la correspondiente en grados Fahrenheit.

$$t (^{\circ}\text{F}) = 1,8 t (^{\circ}\text{C}) + 32$$

### Escala Kelvin o absoluta

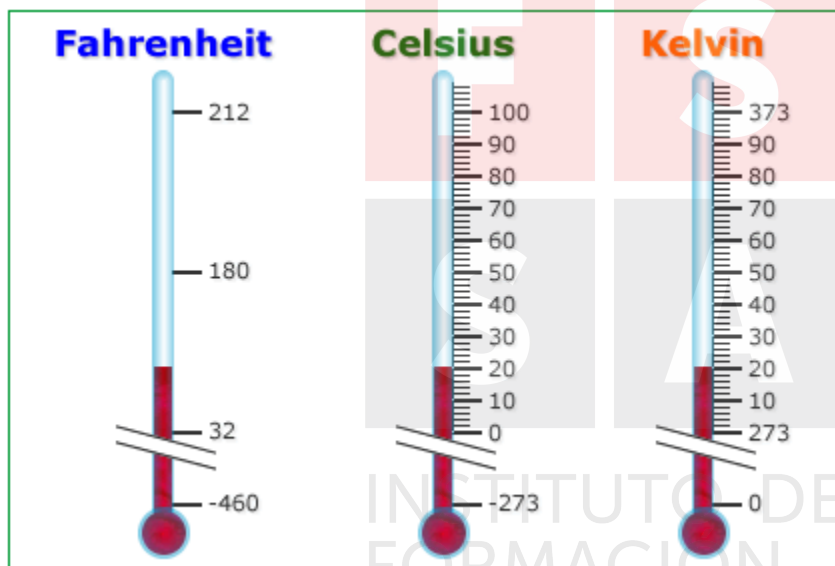
La escala absoluta o termodinámica utiliza como unidad de medida de temperatura el kelvin (K), cuyo valor coincide exactamente con el de 1 °C, ya que el intervalo entre los puntos fijos también se divide en 100 unidades. Sin embargo, se asigna el valor 273 al punto de fusión del hielo y, por tanto, el valor 373 al punto de ebullición del agua.

En consecuencia, la relación entre la temperatura medida en Kelvin y la medida en grados centígrados es la siguiente:

$$T (\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273$$

es decir, se trata de la misma escala que la centígrada pero desplazada hacia abajo en 273 unidades.

La importancia de la escala absoluta radica en que es posible demostrar que el cero absoluto de temperatura se corresponde con la ausencia total de energía cinética interna del cuerpo considerado, es decir, con la inmovilidad total de sus partículas.



### TRANSFERENCIA O PROPAGACION DEL CALOR

Cuando se produce una transferencia de Calor, se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

El calor se puede transferir mediante **convección, radiación o conducción**.

Aunque estos tres procesos pueden ocurrir al mismo tiempo, puede suceder que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Por ejemplo, el calor se trasmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua de una cacerola situada sobre un quemador de gas se calienta en gran medida por convección, y la Tierra recibe calor del Sol casi exclusivamente por radiación.

Calor del sol llega por radiación.



## CONDUCCIÓN TÉRMICA

La conducción es una transferencia de calor entre los cuerpos sólidos. Si una persona sostiene uno de los extremos de una barra metálica, y pone en contacto el otro extremo con la llama de una vela, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmitirá hasta el extremo más frío por conducción.

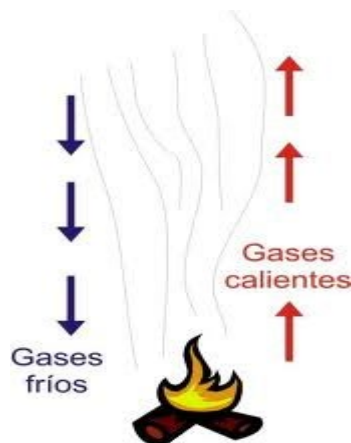
Los átomos o moléculas del extremo calentado por la llama, adquieren una mayor energía de agitación, la cual se transmite de un átomo a otro, sin que estas partículas sufran ningún cambio de posición, aumentando entonces, la temperatura de esta región.

Este proceso continúa a lo largo de la barra y después de cierto tiempo, la persona que sostiene el otro extremo percibirá una elevación de temperatura en ese lugar.

Existen conductores térmicos, como los metales, que son buenos conductores del calor, mientras que existen sustancias, como plumavit, corcho, aire, madera, hielo, lana, papel, etc., que son malos conductores térmicos (aislantes).



## CONVECCIÓN TÉRMICA



Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.

Cuando un recipiente con agua se calienta, la capa de agua que está en el fondo recibe mayor calor (por el calor que se ha transmitido por conducción a través de la cacerola); esto provoca que el volumen aumente y, por lo tanto, disminuya su densidad, provocando que esta capa de agua caliente se desplace hacia la parte superior del recipiente y parte del agua más fría baje hacia el fondo.

El proceso prosigue, con una circulación continua de masas de agua más caliente hacia arriba, y de masas de agua más fría hacia abajo, movimientos que se denominan corrientes de convección. Así, el calor que se transmite por conducción a las capas inferiores, se va distribuyendo por convección a toda la masa del líquido.

La transferencia de calor en los gases y líquidos puede efectuarse por conducción. El proceso de convección es el responsable de la mayor parte del calor que se transmite a través de los fluidos.

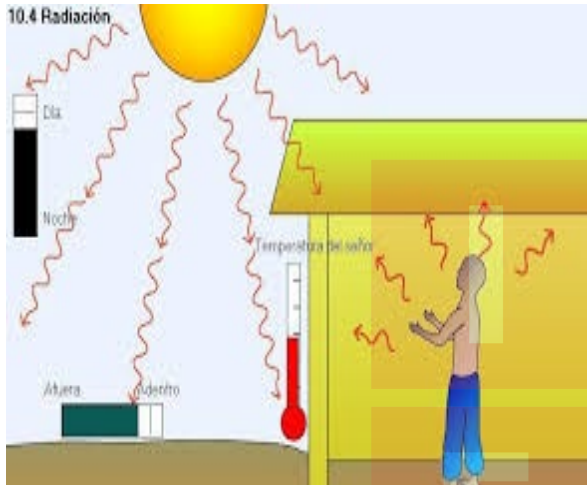
El calentamiento de una habitación mediante una estufa no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia la estufa.

Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, las estufas deben colocarse cerca del suelo (y los aparatos de aire acondicionado cerca del techo) para que la eficiencia sea máxima.

De la misma forma, la convección natural es responsable de la ascensión del agua caliente y el vapor en las calderas de convección natural, y del tiro de las chimeneas.

La convección también determina el movimiento de las grandes masas de aire sobre la superficie terrestre, la acción de los vientos, la formación de nubes, las corrientes oceánicas y la transferencia de calor desde el interior del Sol hasta su superficie.

### RADIACIÓN TÉRMICA

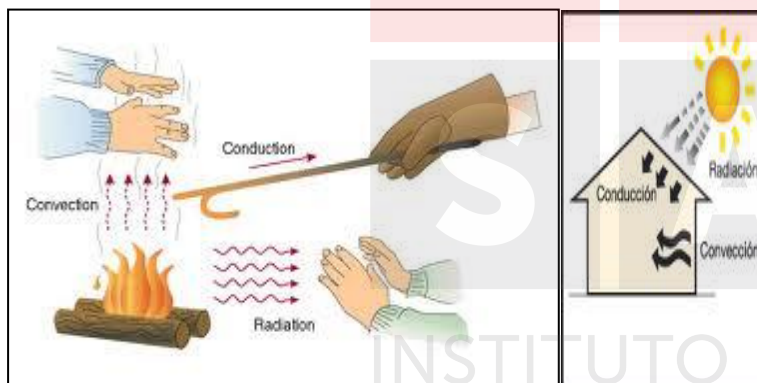


La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío.

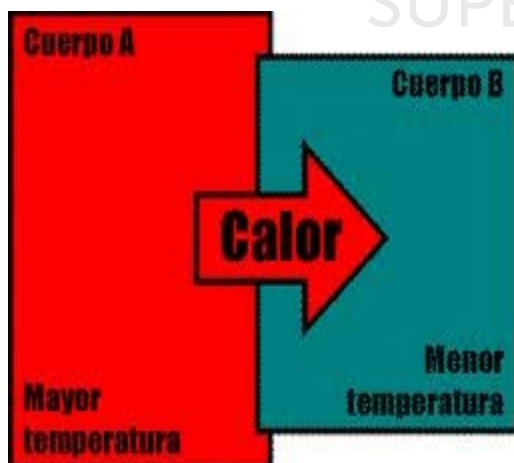
Los procesos de convección y de conducción sólo pueden ocurrir cuando hay un medio material a través del cual se pueda transferir el calor, mientras que la radiación puede ocurrir en el vacío.

Si se tiene un cuerpo caliente en el interior de una campana de vidrio sin aire, y se coloca un termómetro en el exterior de la campana, se observará una elevación de la temperatura, lo cual indica que existe una transmisión de calor a través del

vacío que hay entre el cuerpo caliente y el exterior.



### Equilibrio térmico



Al poner en contacto dos cuerpos a distinta temperatura, el de mayor temperatura cede parte de su energía al de menor temperatura hasta que sus temperaturas se igualan. Se alcanza así lo que llamamos "equilibrio térmico".

La energía calorífica (calor) no pasa del cuerpo que tiene más energía al que tiene menos sino del que tiene mayor temperatura al que la tiene menor.

Con el siguiente ejemplo aclaramos la anterior afirmación: Los mares (los océanos están intercomunicados) pueden ceder mucha más energía calorífica que mi cuerpo. El mar es capaz de fundir un iceberg y sus aguas apenas se enfrían unos grados.

Yo, con el calor que puedo desprender en todos los días de mi vida (parte de las 2.100.000 calorías que consumo al día) fundiría muy pocas toneladas de iceberg.

Puede ceder mucho más calor el mar que mi cuerpo.

Pero si me sumerjo en el agua de mar el calor pasa de mi cuerpo al mar.

El calor fluye desde los cuerpos que están a más temperatura a los que están a temperatura menor.

Pensá un ratito: De un horno se sacan al mismo tiempo, un alfiler y un tornillo, ambos de acero, y se dejan caer dentro de recipientes idénticos con la misma cantidad de agua a la misma temperatura. ¿Cuál aumenta más la temperatura del agua?

### Capacidad calorífica o calor específico

Quizás hayas notado que hay algunos alimentos permanecen calientes mucho más tiempo que otros. Una tostada se enfría mucho más rápido que un plato de sopa, aunque los dos se pongan sobre la mesa a la misma temperatura. El asado se enfría más rápido que el puré de papas. Las sustancias distintas tienen diferentes capacidades de almacenamiento de energía interna. Éstos necesitan distintas cantidades de calor para aumentar su temperatura. Se necesita una caloría para elevar la temperatura de un gramo de agua en 1°C, mientras que para que un gramo de hierro aumente esta cantidad, se necesita sólo 0,125 calorías.

La capacidad calorífica de una sustancia se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a un gramo de dicha sustancia para que su temperatura se eleve en 1 °C.

Pensá un ratito: ¿Qué tiene mayor calor específico, el agua o la arena?

La **cantidad de calor (Q)** que gana o pierde un cuerpo de **masa (m)** se encuentra con la fórmula

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Donde:

**Q** es la cantidad de calor (que se gana o se pierde), expresada en calorías.

**m** es la masa del cuerpo en estudio. Se expresa en gramos

**C<sub>e</sub>** es el calor específico del cuerpo. Su valor se encuentra en tablas conocidas. Se expresa en cal / gr ° C

**Δt** es la variación de temperatura = **T<sub>f</sub>** – **T<sub>i</sub>**. Léase Temperatura final (**T<sub>f</sub>**) menos Temperatura inicial (**T<sub>i</sub>**), y su fórmula es

$$\Delta t = t_f - t_0$$

### Principios de la Calorimetría

1<sup>er</sup> Principio:

Cuando 2 o más cuerpos con temperaturas diferentes son puestos en contacto, ellos intercambian calor entre sí hasta alcanzar el equilibrio térmico.

2<sup>do</sup> Principio: "La cantidad de calor recibida por un sistema durante una transformación es igual a la cantidad de calor cedida por él en la transformación inversa".

### CALOR LATENTE

El **calor latente** es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para un aumento de la temperatura; por tanto al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía.

Cuando se aplica calor al hielo, va ascendiendo su temperatura hasta que llega a 0 °C (temperatura de cambio de fase), a partir de entonces, aun cuando se le siga aplicando calor, la temperatura no cambia hasta que se haya fundido del todo. Esto se debe a que el calor se emplea en la fusión del hielo.

Una vez fundido el hielo la temperatura volverá a subir hasta llegar a 100 °C; desde ese momento se mantendrá estable hasta que se evapore toda el agua.

### Cambios de estado

Normalmente, una sustancia experimenta un cambio de temperatura cuando absorbe o cede calor al ambiente que le rodea. Sin embargo, cuando una sustancia cambia de fase absorbe o cede calor sin que se produzca un cambio de su temperatura. El calor  $Q$  que es necesario aportar para que una masa  $m$  de cierta sustancia cambie de fase es igual a

$$Q = M \cdot L$$

donde  $L$  se denomina calor latente de la sustancia y depende del tipo de cambio de fase.

Por ejemplo, para que el agua cambie de sólido (hielo) a líquido, a 0°C se necesitan  $334 \cdot 10^3$  J/kg. Para que cambie de líquido a vapor a 100 °C se precisan  $2260 \cdot 10^3$  J/kg.

En la siguiente tabla, se proporcionan los datos referentes a los cambios de estado de algunas sustancias.

Sustancia	T fusión °C	$L_f \cdot 10^3$ (J/kg)	T ebullición °C	$L_v \cdot 10^3$ (J/kg)
Hielo (agua)	0	334	100	2260
Alcohol etílico	-114	105	78.3	846
Acetona	-94.3	96	56.2	524
Benceno	5.5	127	80.2	396
Aluminio	658.7	322-394	2300	9220
Estaño	231.9	59	2270	3020
Hierro	1530	293	3050	6300
Cobre	1083	214	2360	5410
Mercurio	-38.9	11.73	356.7	285
Plomo	327.3	22.5	1750	880
Potasio	64	60.8	760	2080
Sodio	98	113	883	4220

Los cambios de estado se pueden explicar de forma cualitativa del siguiente modo:

En un sólido los átomos y moléculas ocupan las posiciones fijas de los nudos de una red cristalina. Un sólido tiene en ausencia de fuerzas externas un volumen fijo y una forma determinada.

Los átomos y moléculas vibran, alrededor de sus posiciones de equilibrio estable, cada vez con mayor amplitud a medida que se incrementa la temperatura. Llega un momento en el que vencen a las fuerzas de atracción que mantienen a los átomos en sus posiciones fijas y el sólido se convierte en líquido. Los átomos y moléculas siguen unidos por las fuerzas de atracción, pero pueden moverse unos respecto de los otros, lo que hace que los líquidos se adapten al recipiente que los contiene pero mantengan un volumen constante.

Cuando se incrementa aún más la temperatura, se vencen las fuerzas de atracción que mantienen unidos a los átomos y moléculas en el líquido. Las moléculas están alejadas unas de las otras, se pueden mover por todo el recipiente que las contiene y solamente interaccionan cuando están muy próximas entre sí, en el momento en el que chocan. Un gas adopta la forma del recipiente que lo contiene y tiende a ocupar todo el volumen disponible.

Un ejemplo clásico en el que se utilizan los conceptos de calor específico y calor latente es el siguiente:

Determinar el calor que hay que suministrar para convertir 1g de hielo a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en vapor a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Los datos son los siguientes:

Calor específico del hielo  $c_h=2090\text{ J}/(\text{kg K})$

Calor de fusión del hielo  $L_f=334\cdot 10^3\text{ J}/\text{kg}$

Calor específico del agua  $c=4180\text{ J}/(\text{kg K})$

Calor de vaporización del agua  $L_v=2260\cdot 10^3\text{ J}/\text{kg}$

Etapas:

Se eleva la temperatura de 1g de hielo de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (253 K) a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (273 K)

$$Q_1=0.001\cdot 2090\cdot (373-253)=41.8\text{ J}$$

Se funde el hielo

$$Q_2=0.001\cdot 334\cdot 10^3=334\text{ J}$$

Se eleva la temperatura del agua de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (273 K) a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (373 K)

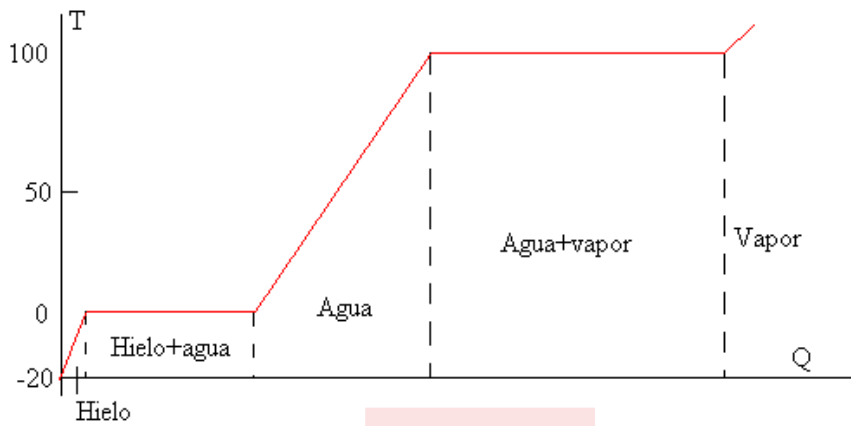
$$Q_3=0.001\cdot 4180\cdot (373-273)=418\text{ J}$$

Se convierte 1 g de agua a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  en vapor a la misma temperatura

$$Q_4=0.001\cdot 2260\cdot 10^3=2260\text{ J}$$

El calor total  $Q=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4=3053.8\text{ J}$ .

Si disponemos de una fuente de calor que suministra una energía a razón constante de  $q\text{ J/s}$  podemos calcular la duración de cada una de las etapas



En la figura, que no se ha hecho a escala, se muestra cómo se va incrementando la temperatura a medida que se aporta calor al sistema. La vaporización del agua requiere de gran cantidad de calor como podemos observar en la gráfica y en los cálculos realizados en el ejemplo.

### Dilatación

De una forma general, cuando aumentamos la temperatura de un cuerpo (sólido o líquido), aumentamos la agitación de las partículas que forman ese cuerpo. Esto causa un alejamiento entre las partículas, resultando en un aumento en las dimensiones del cuerpo (dilatación térmica). Por otra parte, una disminución en la temperatura de un cuerpo, acarrea una reducción en sus dimensiones (contracción térmica)

En la construcción civil, por ejemplo, podemos ver que los puentes largos de acero son fijos en un extremo, y descansa sobre pivotes. Las carreteras y aceras están atravesadas por huecos, que a veces se rellenan con asfalto, para permitir que el concreto se dilate y contraiga libremente.

### Tipos de Dilatación

#### Dilatación Lineal

Más allá que la dilatación de un sólido suceda en todas las dimensiones, puede predominar la dilatación de apenas una de sus dimensiones sobre las demás. O aún, podemos estar interesados en una única dimensión del sólido. En este caso, tenemos la dilatación lineal.

$$L_f = L_i \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

#### Dilatación Superficial

La dilatación superficial corresponde a la variación del área de una placa, cuando sometida a una variación de temperatura.

$$S_f = S_i \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t) \quad \beta = 2 \lambda$$

#### Dilatación Volumétrica

En este tipo de dilatación, vamos a considerar la variación del volumen, esto es, la dilatación en las tres dimensiones del sólido

$$V_f = V_i \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta t) \quad \gamma = 3 \lambda$$

En las carreteras de hormigón o en los embaldosados de gran tamaño se ven, a intervalos regulares líneas de material asfáltico destinadas a absorber las dilataciones producidas por el calor; de otro modo la construcción saltaría en pedazos en los días de mucho sol.

- El vidrio común es un mal conductor del calor y se dilata apreciablemente; si echamos agua hirviendo en un vaso grueso, la parte interior se calienta y expande, mientras la parte exterior queda fría y encogida, de modo que el recipiente se rompe. Si previamente, colocamos una cucharilla capaz de absorber el calor, neutralizaremos en parte la brusquedad del ataque y, posiblemente, salvaremos el vaso.
- El vidrio pirex se usa para cambios bruscos de temperatura, simplemente porque su coeficiente (le dilatación es muy bajo y se libra así del peligro de ruptura.
- Los líquidos se dilatan más que los sólidos: el mercurio sube en el termómetro porque se dilata más que el recipiente de vidrio que lo contiene. • Los gases, cuyas moléculas son más libres, tienden a dilatarse más que los líquidos.

**Completa la tabla**

Lenguaje coloquial	Lenguaje científico
El abrigo calienta.	El abrigo impide que mi cuerpo ceda calor al ambiente.
Está enfermo, porque tiene mucho calor.	La temperatura de su cuerpo es superior a la normal (37 °C).
Cierra la ventana que entra frío.	
Esta heladera da mucho frío.	La heladera recibe el calor que le ceden los alimentos introducidos en ella.
Ponle hielo al refresco para que se enfríe.	
Este suelo de baldosa es muy frío.	
Esta alfombra de lana da mucho calor.	
No toques la estufa, que está muy caliente y te quemas.	
El café con leche está muy caliente.	
	La temperatura del café con leche es alta.
	Las temperaturas de este verano están siendo muy elevadas.
	Voy a esperar para que la sopa ceda calor al ambiente.
	En Dinamarca, las temperaturas suelen ser más bajas que en Italia.
	El agua, cuando cede el suficiente calor al medio, se solidifica.

**Para pensar:**

1. Cuando tocas una superficie fría, ¿el frío pasa de la superficie a tu mano, o pasa energía de tu mano a la superficie?
2. Una sustancia que se calienta con rapidez, ¿tiene un calor específico alto o bajo?
3. ¿Un témpano de hielo puede ceder mayor cantidad de calor que una taza de café?
4. ¿Se puede agregar la misma cantidad de calor a dos objetos del mismo material, y que uno de ellos aumente más su temperatura?

5. Se retira de la heladera un recipiente de un kilogramo de metal que contiene 1 kilogramo de agua. ¿Qué absorbe más calor de la habitación, el recipiente o el agua?
6. ¿Es cierto que el termómetro mide su propia temperatura? ¿Por qué?
7. ¿Por qué si introducimos la mano dentro de un horno encendido, el aire dentro no nos quema la mano, mientras que si tocamos las paredes metálicas, no sucede lo mismo?
8. En un día frío, ¿por qué el picaporte de metal se siente más frío que la madera de una puerta?
9. ¿Por qué es incorrecto decir que, cuando un objeto caliente, calienta un objeto frío, la temperatura fluye entre ellos?
10. ¿Por qué es incorrecto decir que, cuando un objeto caliente, calienta un objeto frío, el incremento de la temperatura en el objeto frío, es igual al decremento de temperatura del objeto caliente? ¿Cuándo es correcta esta afirmación?
11. Algunos ventiladores de techo son reversibles, de manera que pueden mover el aire hacia arriba o abajo ¿En qué dirección debería moverlo en invierno? ¿En qué dirección en verano?



INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR



