



Energías convencionales, limpias y su tecnología

Energía, sus formas y su clasificación

Energía, sus formas y su clasificación

Clasificación de las energías

Básicamente, la energía producida en procesos de producción de **electricidad** está en forma de **trabajo mecánico o eléctrico**, y para procesos de **calentamiento o enfriamiento** en forma de **calor**. El calor se puede dar por tres diferentes mecanismos llamados **conducción**, **convección** y **radiación**.

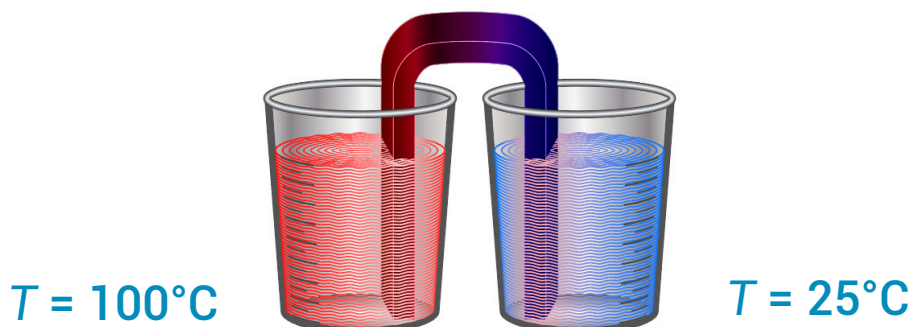
1

Conducción se da a través de los materiales, y es el resultado de la transferencia de energía entre moléculas que conforman el material dado que presentan diferente grado de excitación energética o diferente temperatura, en sólidos se manifiesta claramente, y en fluidos por lo general va acompañada de otras formas de transporte energético.

$$\dot{Q} = -k A \frac{dT}{dx} = k A \frac{(T_{s1} - T_{s2})}{\Delta x}$$

Se cuantifica este flujo de calor, o rapidez de intercambio de calor, con la ecuación de Fourier. Y la velocidad de flujo de calor se obtiene multiplicando la conductividad térmica del material (k), por el área (A) y por la diferencia de temperaturas entre las superficies opuestas del material, y se divide entre el grosor del material (Δx)

Conducción de calor a través del sólido



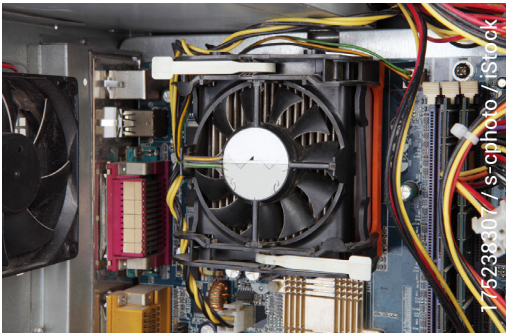
2

Convección se presenta cuando hay una superficie a una temperatura y está en contacto directo con un fluido (gas o líquido) a diferente temperatura. Es la combinación de la conducción y la advección, ya sea que esta última ocurra de manera forzada mediante ventiladores, sopladores o bombas, o de manera natural o libre causado por la gravedad; es decir, la gravedad producirá un movimiento de fluidos ya que la densidad de los fluidos depende fuertemente de la temperatura.

$$\dot{Q} = hA (T_s - T_{\text{fluido}})$$

Se cuantifica la rapidez de intercambio de calor por convección con la ecuación conocida como **ley de enfriamiento de Newton**, multiplicando el área de contacto entre el sólido y el fluido (A), el coeficiente de transferencia de calor (h), y la diferencia de temperaturas entre el sólido (T_s) y el fluido (T_{fluido}).

Convección y conducción
Aire frío y circuitos calientes



Convección y evaporación
Aire frío e individuo a alta temperatura

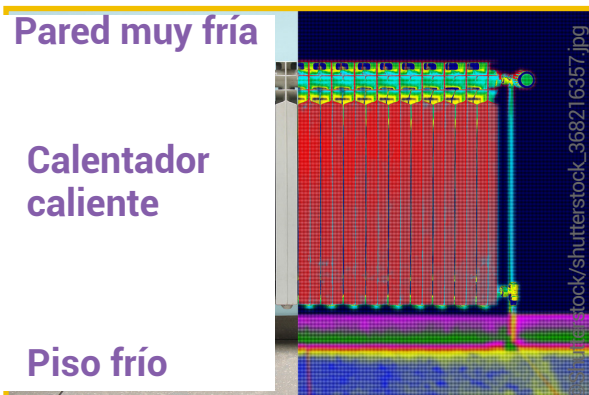
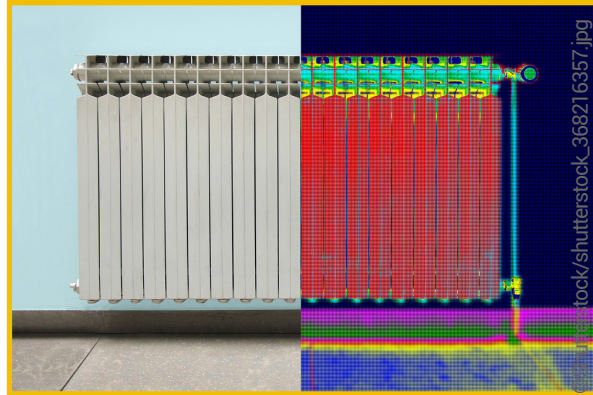


3

Radiación se da entre dos superficies al estar una frente a la otra con temperatura diferente, sin que exista interferencia entre las superficies (sin ser eclipsadas), y si existe material entre ellas como gas, esta interacción puede ser disminuida parcialmente. También se requiere contacto visual directo; es decir, se podrá ver disminuida la radiación dependiendo de qué tan lejos estén entre los objetos, y la orientación entre las superficies.

$$\dot{Q} = \sigma \epsilon A (T_s^4 - T_{paredes}^4)$$

La rapidez de transferencia de calor por radiación se cuantifica al multiplicar la emisividad del material (ϵ) por el área del sólido (A), la constante de Stefan Boltzman (σ) y la diferencia cuarta de temperaturas entre el sólido (T_s), y la temperatura de las paredes en dónde se encuentra el equipo en cuestión ($T_{paredes}$).

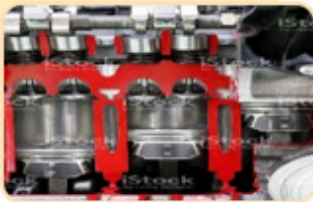


En muchas aplicaciones, los mecanismos de conducción, convección y radiación se dan de manera simultánea, pero la clasificación resulta conveniente para facilitar la cuantificación del calor.

Existe también el flujo de energía en forma de trabajo (alta calidad), dos ejemplos son:

Trabajo de expansión

Es aquel cuando la presión hace que el volumen de un sistema o máquina aumente o disminuya. En otras palabras, una biela que se desplaza transmite una fuerza.



Trabajo de flecha

Es aquel que se manifiesta por un eje o flecha que transmita movimiento; es decir, es cuando un sistema o máquina produce un torque sobre un eje que gira.

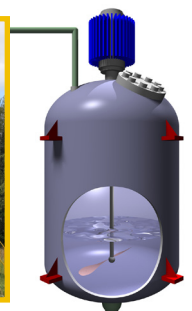


Puede ser que el trabajo de flecha y el trabajo de expansión estén **interrelacionados** (es decir, que uno origine el otro o viceversa como en los motores de auto, o en las bombas de aceite), pero pueden operar también de forma **independiente** uno del otro, como en el caso de la bomba de aire manual en trabajo de expansión, o en el caso de una agitador, el trabajo de flecha. Otros ejemplos de trabajo de expansión y trabajo de flecha se muestran a continuación.

Trabajo de expansión



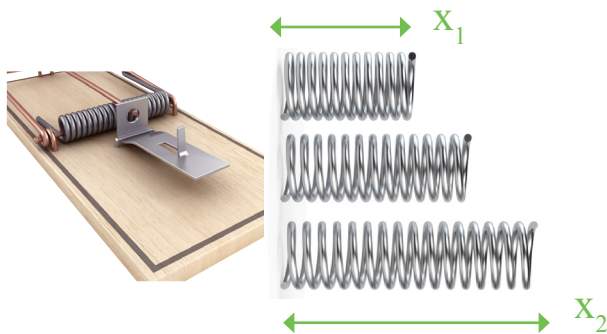
Trabajo de flecha



Existen muchas otras formas de trabajo de alta calidad (de expansión y de flecha), pero reciben los nombres especiales que conocerás en las siguientes imágenes.

Trabajo de **resorte** o **diferencia de energía potencial elástica**. La energía que puede almacenar un resorte al extenderse o comprimirse.

$$W_R = \frac{1}{2} k (x_2^2 - x_1^2)$$



Trabajo **gravitacional** o **diferencia de energía potencial** es la energía que posee un cuerpo cambiar la altura respecto al suelo.

$$W_p = mg (y_2 - y_1)$$



En la expresión de trabajo de resorte, el valor de “*k*”, conocido como la constante del resorte es una propiedad del material conocida como constante de Hook, y “*x*” es el desplazamiento. En el caso del trabajo gravitacional, la masa se representa con la letra “*m*”, “*y*” es la altura, y “*g*” es la constante gravitacional.

Trabajo de **aceleración** o **diferencia de energía cinética** es la energía necesaria para producir una aceleración o desaceleración, o la energía que posee un cuerpo al cambiar su velocidad.

$$W_A = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$



Trabajo **eléctrico** es el trabajo producido por un **circuito eléctrico**, al aplicar un voltaje que genera un flujo de corriente en un período de tiempo de operación.

$$W_E = V I t$$



Calor generado por combustión o reacción química (baja calidad)

Calor generado por trabajo eléctrico

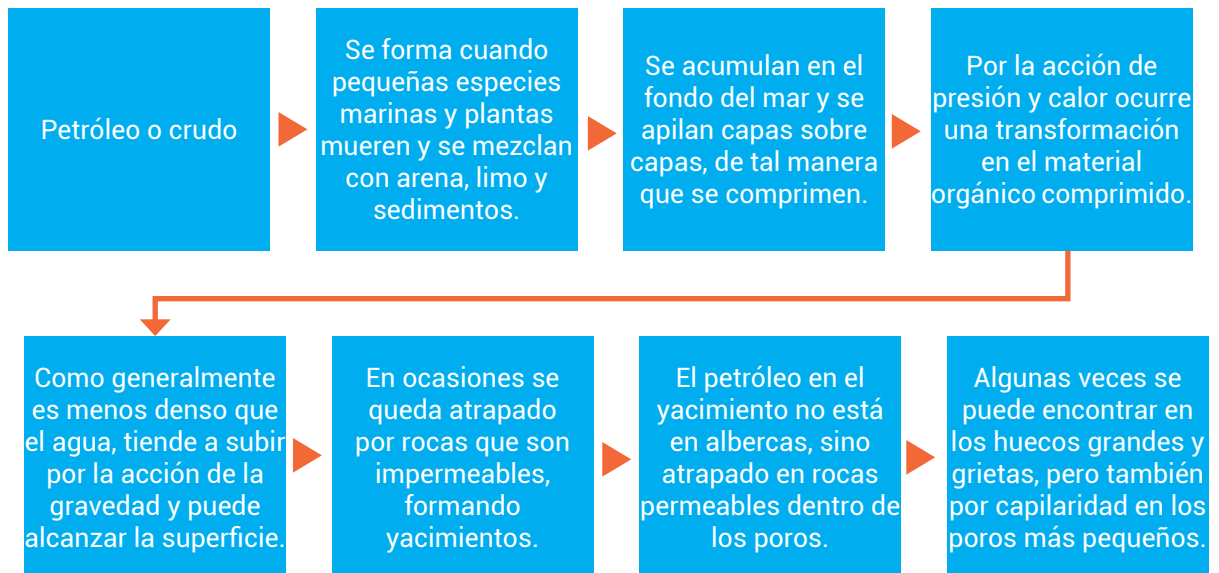
En el caso del trabajo de aceleración, “*m*” representa la masa, y “*v*” es la velocidad. Mientras que en el caso del trabajo eléctrico, “*V*” representa el voltaje, “*I*” la corriente y “*t*” el tiempo.

Siempre que se hable de energía **mecánica**, energía de **alta calidad** o **trabajo**, nos estaremos refiriendo a todas las formas de energía que son útiles para transformarse en un 100% a cualquier otra forma de energía.

Generación con hidrocarburos

Las aplicaciones del petróleo

El **petróleo** es un recurso energético muy versátil, cuenta con características que le permiten ser utilizado en múltiples sectores, incluido el energético. A continuación conocerás un poco sobre su origen y sus posibilidades de utilización.



Existe una gran variedad de crudos desde los poco viscosos, hasta los extremadamente viscosos (crudos pesados como los de Venezuela). Existen en una gran variedad de densidades, olores (cuando tienen compuestos de azufre o mercaptanos tienen un olor a huevo rancio) y colores (la mayoría de los componentes son transparentes, aunque existen crudos transparentes, amarillos, naranjas y hasta negro muy oscuro, lo que les da el color a los crudos son los asfaltenos).



El crudo se ha conocido por miles de años y se ha usado para sellar las grietas de los antiguos barcos, hasta para encender antorchas e incluso para ropa impermeable.

Pero fue hasta el siglo XIX que los ingenieros encontraron la manera de taladrar el suelo, extraerlo y bombearlo, fue entonces que el ingenio del ser humano encontró un sinnúmero de aplicaciones.

La tecnología que revolucionó nuestra forma de vida, fue **la refinación del crudo**, produciendo gasolina, diésel, turbosina, etc. Se descubrió también que podría reemplazar al carbón, ya que es más limpio, fácil de transportar, y mejor para máquinas pequeñas, además contamina menos que el carbón.



18385310 / Barin / iStock



494612834 / phive2015 / iStock



La interdependencia que tiene la transportación de los productos del petróleo ha hecho que la industria automotriz se mantenga en mejora continua de sus motores.

172124825 / macroworld / iStock

En general, el petróleo puede producir desde materiales extremadamente pesados y viscosos, hasta gasolinas y diésel e incluso gas natural. Con esta gama de productos podemos decir que se ha encontrado lugar para todos los componentes del petróleo y nuestro alrededor está lleno de productos derivados no solamente para uso directo en producción de energía, sino casi en todo producto que nos rodea.



Energías convencionales, limpias y su tecnología

Almacenamiento de energía

Formas de almacenamiento de energía

¿Qué tanto sabes de baterías?

El uso de baterías es común en la vida diaria, las puedes encontrar en diferentes dispositivos como tu *Smartphone*, un reloj, un auto, entre otros, aunque con diferentes tamaños y características. ¿Por qué crees que se utilicen diferentes tipos de baterías en cada caso?

A continuación se presentan algunos ejemplos de baterías, descubre sus principales ventajas y desventajas:



Batería de plomo-ácido

Esta es la tecnología de batería recargable más antigua y se utiliza aún hoy en día de forma popular, por ejemplo, como batería de para automóviles convencionales.

- Ventaja: Bajo costo
- Desventaja: Además de su peso, su alta resistencia eléctrica interna, dificulta su rango de aplicación para altos índices de potencia.



Batería de níquel-cadmio

- Ventaja: Es recargable, es menos pesada y más eficiente que la batería de plomo-ácido,
- Desventaja: Tiene mayores agentes contaminantes y se descarga rápidamente.



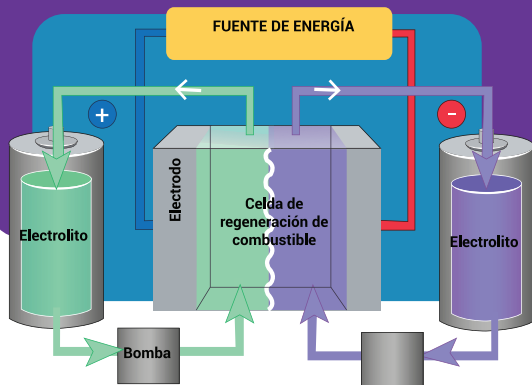
Batería de iones de litio

- Ventaja: Es capaz de descargarse de manera lenta.
- Desventaja: Su resistencia interna genera calor y la hace propensa a fallos.



Batería de sal fundida

- Ventaja: Puede operar a altas temperaturas (por ejemplo 300 grados Celsius) sin presentar fallos.
- Desventaja: Es altamente contaminante, además de que uno de sus principales componente químicos, el sodio metálico, puede provocar fuego al estar en contacto con el agua.



Batería de flujo

- Ventaja: sus electrolitos no se degradan, lo que garantiza una larga vida.
- Desventaja: La alta sensibilidad de su membrana interna además de que requiere procedimientos especiales para el manejo como deshecho, una vez que su periodo de vida ha finalizado, esto debido a su alta alcalinidad.

La **batería de flujo** opera mediante la circulación de dos electrolitos que son bombeados dentro de una celda que cuenta con una membrana que permite la circulación de iones y por lo tanto genera una corriente eléctrica. Este tipo de baterías son una buena alternativa para aprovechar las **energías renovables** atendiendo el problema de la **intermitencia**.

Como te diste cuenta, existen diferentes tipos de baterías que son utilizadas para almacenar la energía y son una tecnología muy prometedora en el tema energético.



Energías convencionales, limpias y su tecnología

Energía eólica e hídrica

Tecnologías de conversión

El flujo de agua convertido en energía eléctrica

Como verás a continuación, existen una serie de fenómenos naturales y principios físicos que se pueden aprovechar para **convertir el flujo de agua en energía**.

Por un lado, se puede extraer la **energía cinética** del agua mientras esta cae en el campo gravitacional de la Tierra. Así mismo también se puede

generar energía eléctrica a partir de las **mareas**, que son consecuencia de las fuerzas gravitacionales que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra.

Veamos ahora con más detalle estos principios de conversión.

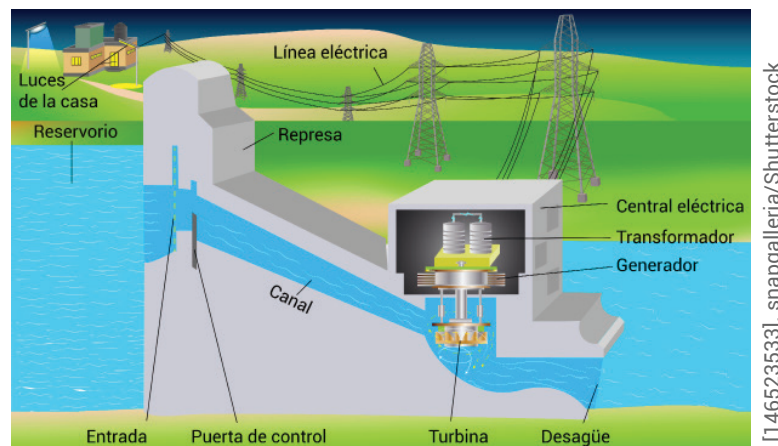
Principio de conversión 1: extracción de energía cinética del agua.



Imágenes tomadas y utilizadas conforme a la licencia de Shutterstock.com

Este principio es el más antiguo de todos y por mucho el más importante. Se trata de extraer la energía cinética $E_{kin} = 1/2 mv^2$ del flujo de una masa de agua (m) moviéndose a una velocidad (v), para convertirla primero en energía mecánica de una turbina hidráulica y en última instancia, en energía eléctrica a través de un generador eléctrico.

En el caso de utilizar una presa para almacenamiento, la energía disponible a extraerse está determinada por la diferencia $E_{pot} = mgh$ en energías potenciales gravitacionales, donde h es la diferencia entre el nivel superior de la presa y la altura de la turbina y g la constante de aceleración gravitacional ($=9.81 \text{ m/s}^2$).



Es importante considerar que en estos casos es necesario extraer energía a un ritmo constante, por lo que nos interesa la **potencia** más que la **energía**. La potencia es la razón de cambio con la que se puede extraer energía por unidad de tiempo, por lo tanto **se tiene que sustituir la masa** (m) por el **flujo másico** $\dot{m}$ para llegar a la potencia.

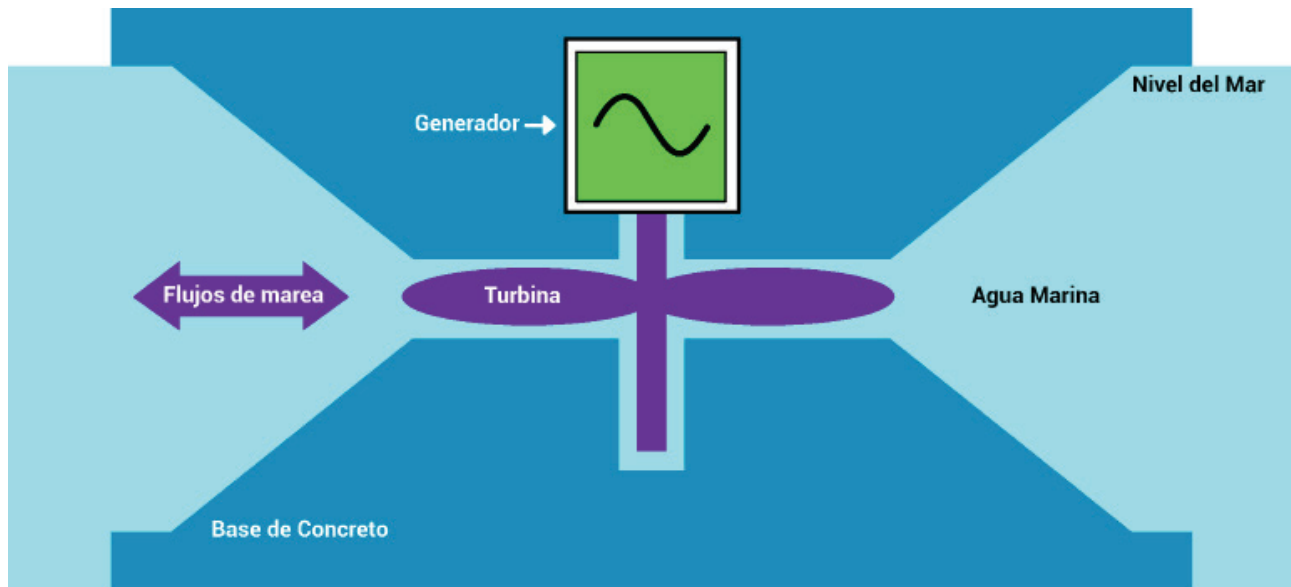
Si consideramos que solo una fracción η de la potencia, conocida como eficiencia, se puede convertir en energía útil, la potencia extraída por una turbina hidráulica en una presa sería: $P_{ext} = \eta \rho g h Q$, donde Q es el flujo volumétrico (en m^3/s) y ρ es la densidad del agua. La eficiencia se compone de una parte atribuible a la turbina y una al generador eléctrico; y ambas pueden alcanzar valores muy cercanos a 1, teniendo como resultado un total de eficiencia de 95% en grandes presas hidroeléctricas.

A diferencia de la eficiencia de conversión de la energía eólica, la eficiencia de una turbina hidráulica puede llegar a valores cercanos al 100% dado que se cuenta con opciones técnicas para la concentración del flujo. Como demostró el gran matemático Leonard Euler entre 1752 y 1756, la **potencia extraíble** depende solo de la diferencia del **momentum angular del flujo entrante** a una turbina y **el saliente**, por lo que es factible realizar diseños que lleguen a eficiencias de cerca del 100%, minimizando el **momentum angular saliente**.

Principio de conversión 2: extracción de energía cinética del agua.

Como se mencionó en el subtema anterior, las mareas se deben a las diferencias en las fuerzas gravitacionales que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra, mismas que ocasionan movimientos en los cuerpos de agua. Respecto a la extracción de energía, a continuación se explican las principales técnicas que existen para aprovechar dichos movimientos de las mareas.

Presas maremotrices



En estas presas se usa la energía potencial gravitacional asociada a las diferentes alturas del nivel del mar. Cuando sube la marea se canaliza el flujo del agua hacia la presa y en el trayecto se puede generar energía eléctrica si se colocan turbinas hidráulicas en el paso del agua. Posteriormente cuando la marea retrocede se descarga la presa, de manera similar que en una presa hidroeléctrica construida sobre un río.

Generadores de flujo maremotriz

En este tipo de generadores, también conocidos como turbinas mareomotrices, se aprovechan corrientes marinas causadas por las mareas. La potencia extraíble en un flujo de expansión libre se puede calcular a partir de la fórmula $P_{ex} = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$

donde ρ es la densidad del medio (en este caso del agua), A el área barrida por el rotor, v la velocidad media del flujo y C_p el llamado coeficiente de potencia con un valor máximo de 59%.

Dado que la densidad del agua es aproximadamente tres órdenes de magnitud más

grande que la del aire, se pueden cosechar grandes cantidades de energía aún en flujos de agua relativamente lentos. Sin embargo cabe mencionar que, a diferencia de las turbinas eólicas, la tecnología de los generadores de corrientes marinas aún se encuentra en un estado temprano de desarrollo y requerirá de muchos más proyectos para volverse una tecnología capaz de sobrevivir en mercados competitivos.

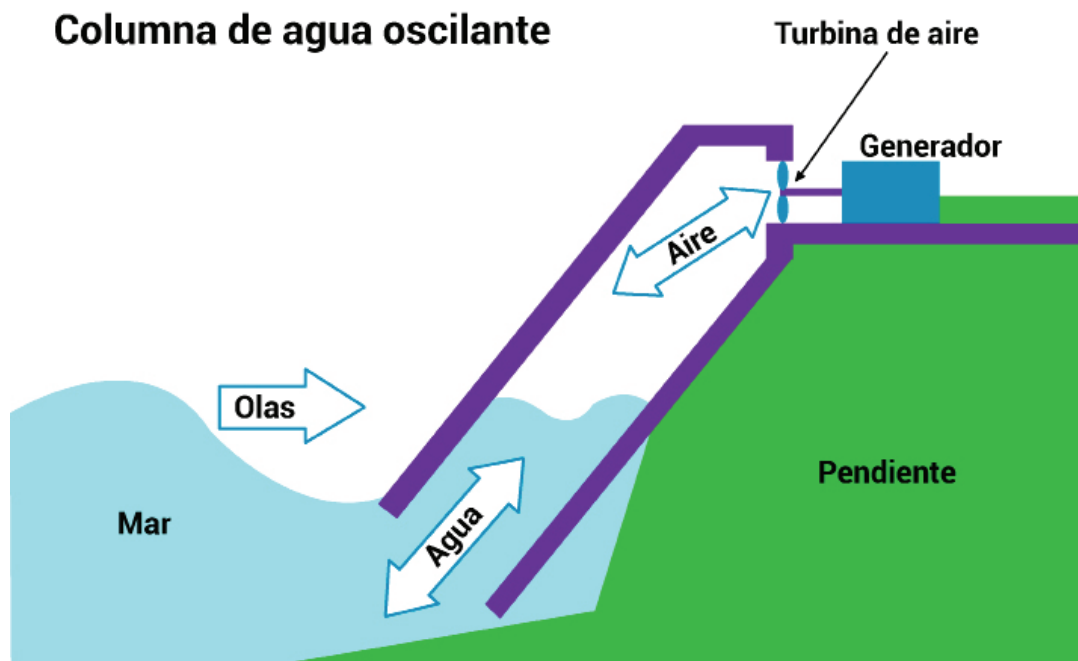
Principio de conversión 3: extracción de energía del oleaje.

El oleaje se debe a la interacción del flujo de viento con la superficie marina. Tanto las diferencias de presión al frente y atrás de una cresta de agua, como la fricción entre el aire y la superficie del agua, generan esfuerzos de corte en la misma y conducen al desplazamiento vertical de las masas de agua, siendo la gravedad el mecanismo de restitución principal.

El flujo de potencia asociado al movimiento de las olas se puede calcular a partir de , $P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_{m0}^2 T_e$ donde H_{m0} es la altura significativa de las olas, misma que se define actualmente como la desviación estándar de la elevación de la superficie del mar; T_e es el período temporal de la ola; y g es la aceleración gravitacional. Nótese que P es una densidad de potencia lineal, es decir, se mide en Watts o vatios (potencia) sobre metros.

Respecto a este principio, existen varias tecnologías de conversión aunque a la fecha ninguna ha alcanzado un nivel comercial. Algunos ejemplos son:

Convertidores de columnas de agua oscilante



Esta tecnología se presta para el aprovechamiento del oleaje en sitios costeros, aunque también se puede implementar en dispositivos flotantes como boyas.

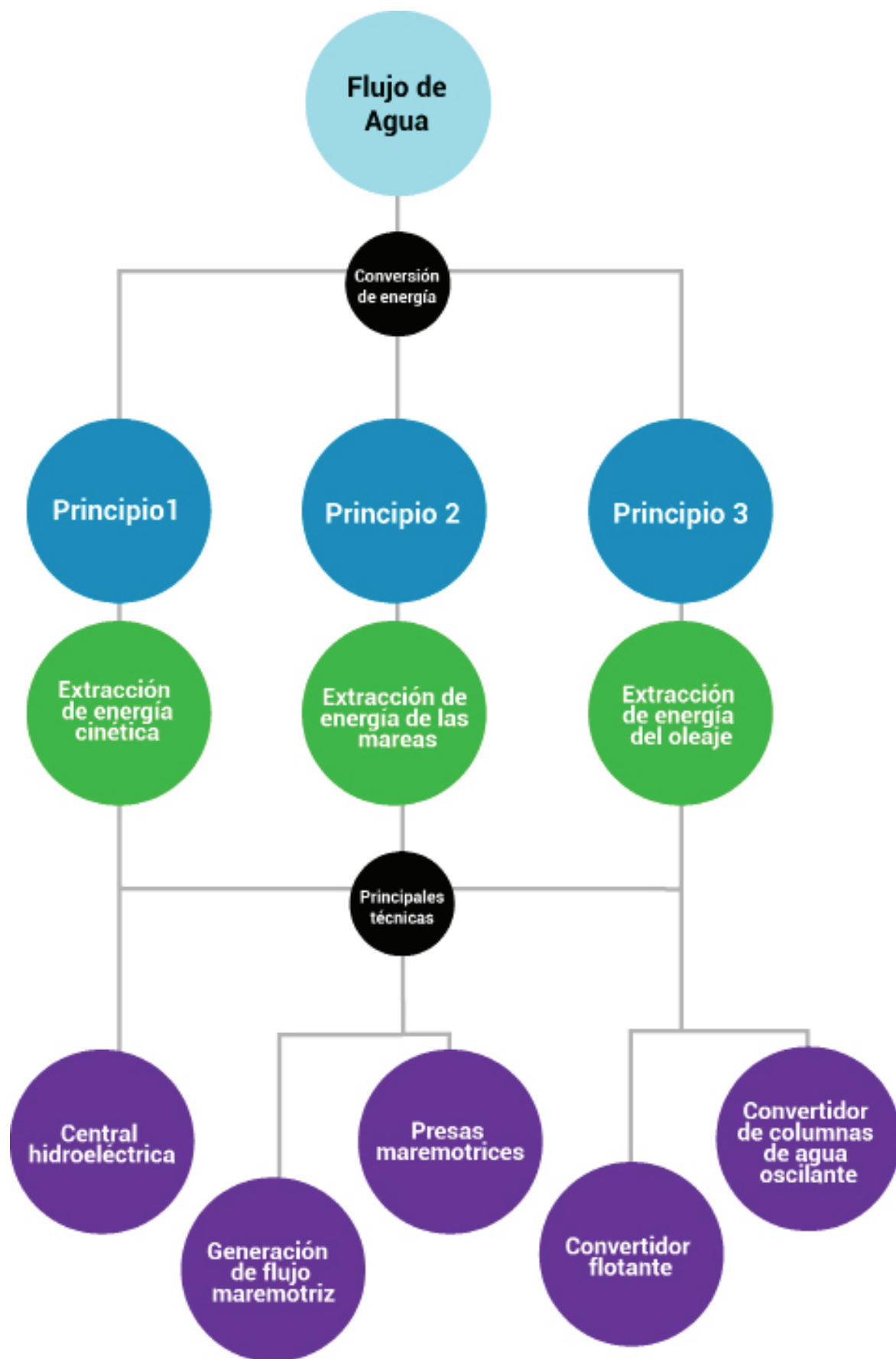
Como puedes apreciar, las variaciones en el nivel del agua se traducen en variaciones de presiones de aire en una columna limitada por el agua en la parte inferior y una turbina de aire en la parte superior. A través de la turbina se expande el aire, generando trabajo mecánico en el rotor y posteriormente electricidad en un generador eléctrico acoplado al mismo eje. Cabe señalar que el flujo del aire es bidireccional, razón por la cual se deben cumplir al menos una de las siguientes dos opciones: la turbina debe tener la capacidad de generar en ambas direcciones del flujo o se tiene que agregar un mecanismo basado en válvulas que rectifique el flujo a través de la turbina.

Convertidores flotantes

A pesar de que el perímetro de los mares en el mundo es inmenso, existe un número limitado de sitios costeros que se prestan para la instalación de convertidores de oleaje. Las restricciones incluyen asentamientos humanos, áreas naturales protegidas y un nivel de oleaje insuficiente. Por lo tanto, la búsqueda de alternativas que puedan aprovechar el oleaje en mar abierto tiene mucho sentido. Un ejemplo que alcanzó cierta fama fue el convertidor de energía de las olas Pelamis (Pelamis Wave Energy Converter). Pelamis usa secciones cilíndricas semisumergidas conectadas entre sí mediante bisagras y pistones hidráulicos, los cuales bombean aceite a través de motores hidráulicos, después de pasar por acumuladores hidráulicos utilizados para el suavizado de la generación. La generación eléctrica se da a través del acoplamiento con generadores eléctricos. La energía de todas las juntas es canalizada a través de un solo cable hacia una caja de conexiones en el suelo marino, la cual conecta el dispositivo con el continente a través de un cable submarino.

La idea del convertidor Pelamis es aprovechar el amplio rango de olas de bajas amplitudes que ocurren con mayor frecuencia. El mecanismo es sensible a la curvatura de las olas en vez de las amplitudes, lo cual permite aprovechar mejor las olas de baja amplitud. Además su rango de oscilación no necesita ser muy alto, ya que la curvatura está limitada por el rompimiento natural de las olas.

Como puedes ver, el flujo del agua puede ser aprovechado para convertirse en energía a través de diferentes mecanismos. A continuación podrás apreciar un gráfico que engloba estas diferentes formas que acabas de revisar para convertir el flujo del agua en energía.





Generación de energías limpias y energías convencionales

Energía solar y fotovoltaica

Sistemas de refrigeración y aire acondicionado

Descripción del proceso de absorción de un gas por líquido

Un ejemplo clásico de la pareja de fluidos **refrigerante/absorbente** presentes en un **sistema de absorción de un gas por un líquido** es el caso del amoníaco/agua, en donde el amoníaco es nuestro **fluido refrigerante** y el agua nuestro **absorbente**.

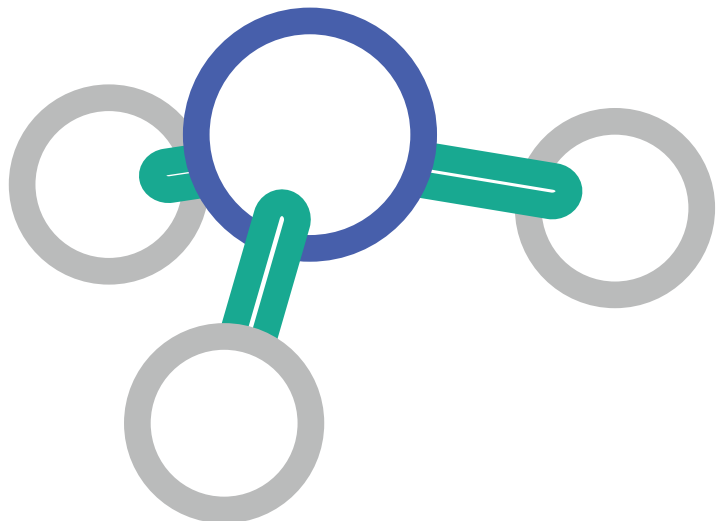
Veamos cómo funciona este sistema:

El amoníaco es más **volátil** que el agua y por lo tanto se evapora y se separa del agua dentro del generador, y con la ayuda del **calor añadido**.

El agua que permanece en la fase líquida se envía al **absorbedor**, donde se pone en contacto con la **corriente gaseosa de amoníaco** que procede del evaporador.

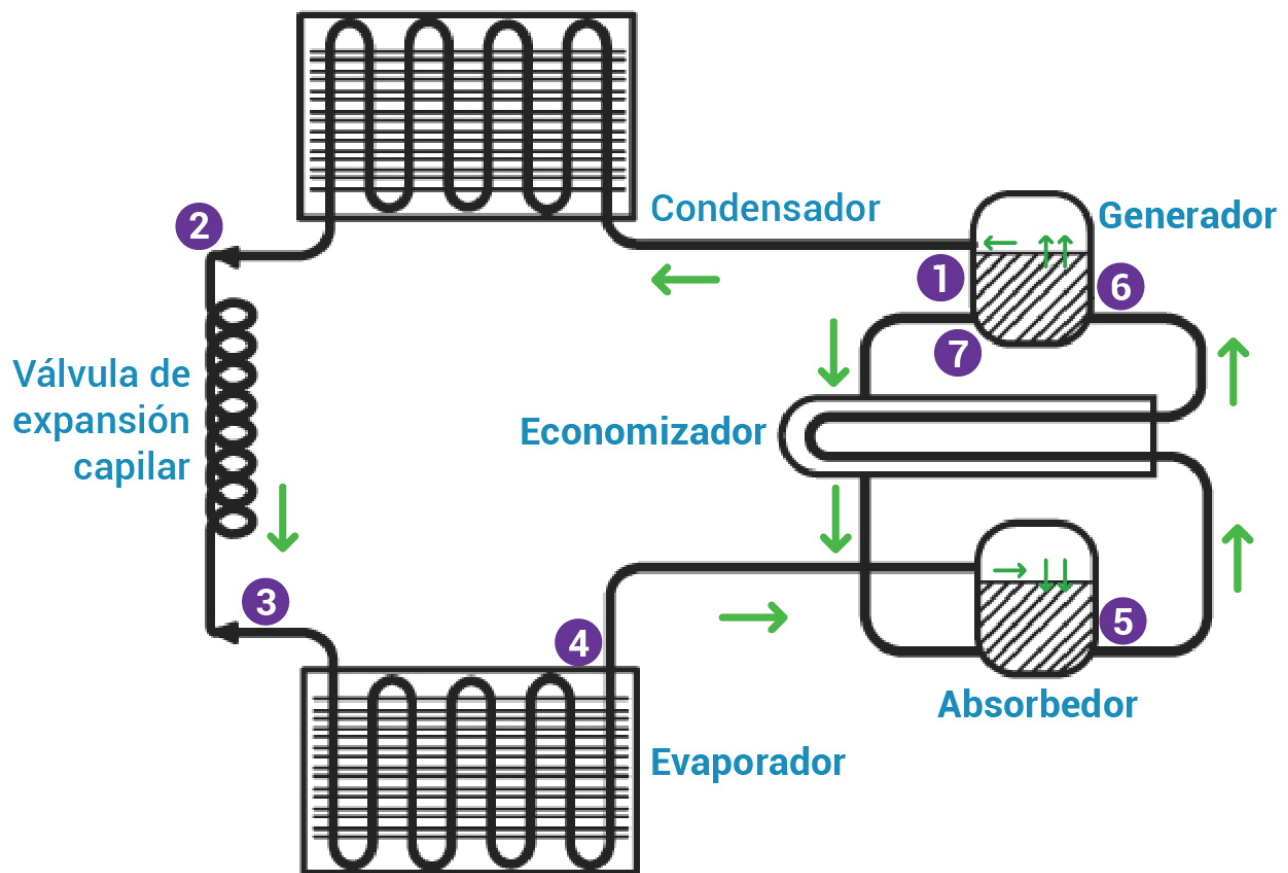
La afinidad del amoníaco con el agua es tal que, al estar presente en una fase gaseosa como un **compuesto puro**, éste pasa a la fase **líquida** y se mezcla con el agua.

Ya en estado líquido la mezcla **amoníaco-agua** que está a la **presión baja** del **evaporador**, entra a una bomba que será responsable de elevar la presión de la mezcla hasta la **presión de operación** del **condensador**.



[353182391]. Shmitt Maria/Shutterstock

Máquina de absorción



En la máquina de absorción, el **compresor** mecánico accionado por energía eléctrica, es sustituido por un **generador** y un **absorbedor** accionados por energía térmica. Una máquina de absorción utiliza el **agua como refrigerante**, y el **bromuro de litio como absorbente**.

Como puede verse, esto es justamente lo que hace un **compresor** en el ciclo de **compresión de vapor**, pero la **gran ventaja** de hacerlo con la bomba en el ciclo de **absorción** es que la elevación de presión se realiza con una pequeñísima parte de la **energía eléctrica** que requeriría el compresor bajo las mismas circunstancias.

No obstante, no podemos llevar la solución de la bomba **directamente** al condensador. Antes debemos hacerla pasar por el **generador** donde separaremos el amoníaco al convertirlo en vapor, como ya fue explicado anteriormente.

En el **punto de salida** del vapor del generador se logra la misma **pureza** y **presión** del amoníaco que en el ciclo por compresión, y así el ciclo de refrigeración continúa de manera normal.



Energías convencionales, limpias y su tecnología

Energía a partir de biomasa

Conversión térmica de biomasa (combustión)

Centrales termoeléctricas de biomasa

La **combustión de biomasa** es un proceso **complejo** si se quiere llevar a cabo de manera **eficiente**.

En la actualidad, la **quema controlada** de biomasa a **nivel industrial** se desarrolla en grandes **centrales termoeléctricas de biomasa**, también conocidas como **centrales de biomasa**. Estas centrales son plantas que generan electricidad a partir de la energía química de la biomasa, liberada por medio de la combustión. En otras palabras, una central termoeléctrica de biomasa convierte la energía térmica (el calor) de la combustión en energía eléctrica.



[13318425] jferrer/istock

Como en todo proceso, la **eficiencia** de la combustión es esencial para el mejor aprovechamiento del **potencial energético** de la biomasa con el menor costo ambiental. Es por ello que es necesario controlar al máximo las condiciones a lo largo del proceso. Desde la calidad de la biomasa (cantidad de humedad, forma, tamaño, etc.).

A grandes rasgos el **proceso de combustión** en una central de biomasa es el siguiente:



Imágenes tomadas y utilizadas conforme a la licencia de Shutterstock.com

Para que este proceso ocurra, la central de biomasa requiere de:

- Un horno para quemar la biomasa y calentar el agua de una caldera en donde esta se transforme en vapor.
- La presión del vapor, moverá las aspas de una turbina conectada a un generador
- El generador convertirá la energía mecánica del movimiento de la turbina en energía eléctrica.

Cuando termina la combustión, el vapor se enfría, transformándose de nuevo en el agua necesaria para generar vapor. Observa el siguiente esquema en el que se muestra el **proceso de combustión** de biomasa:



Imágenes tomadas y utilizadas conforme a la licencia de iStock.com

Algunos parámetros importantes a considerar en el proceso son:

- El contenido de agua en la biomasa.
- La disponibilidad de biomasa.
- La composición química de la biomasa.
- La experiencia del personal que realizará la operación.

Cuando la biomasa tiene altas cantidades de humedad es necesario un proceso de secado previo a poderla quemar.

La composición química de la biomasa determina las temperaturas de combustión así como los gases resultantes de la misma, entre otros elementos.



[444222319]. Andrio/Shutterstock

La **experiencia del personal** encargado del proceso es esencial por muchas cosas, una de ellas es que la biomasa siempre contiene **azufre** (S) y **nitrógeno** (N₂), por lo que controlar la combustión es esencial para evitar la generación de grandes cantidades de **óxidos de azufre** (SO_x) y **óxidos de nitrógeno** (NO_x).

Estos óxidos son dañinos para el **ambiente** y la **salud** de plantas y animales, ya que estos ingresan directamente al sistema circulatorio a través de la respiración, generando problemas pulmonares, visuales, cardíacos, circulatorios e incluso mentales.