

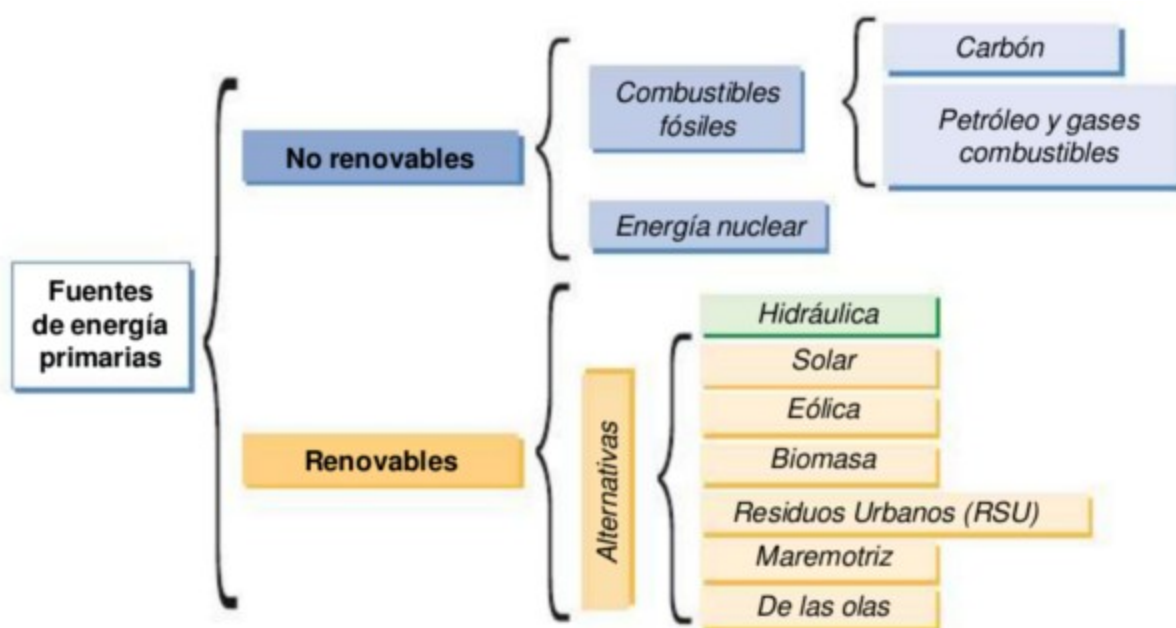
TEMA 2: ENERGÍAS NO RENOVABLES

FUENTES DE ENERGÍA

Llamamos fuente de energía a aquellos recursos o medios naturales capaces de producir algún tipo de energía. La mayoría de las fuentes de energía, tienen su origen último en el Sol (eólica, solar,...). Únicamente la energía nuclear, la geotérmica y la de las mareas no derivan de él.

Las fuentes de energía se dividen en dos grupos:

- Renovables: Son aquellas que no se agotan tras la transformación energética
- No renovables: Son aquellas que se agotan al transformar su energía en energía útil



COMBUSTIBLES FOSILES

Proceden de restos vegetales y otros organismos vivos (como plancton) que hace millones de años fueron sepultados por efecto de grandes cataclismos o fenómenos naturales y por la acción de microorganismos, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.

El carbón

El primer combustible fósil que ha utilizado el hombre es el carbón, y cuenta con abundantes reservas. Representa cerca del 70% de las reservas energéticas mundiales de combustibles fósiles conocidas actualmente, y es la más utilizada en la producción de electricidad a nivel mundial. En España, sin embargo, la disponibilidad del carbón es limitada y su calidad es baja. En Canarias no se utiliza como combustible.

Carbón mineral: Sustancia fósil, que se encuentra bajo la superficie terrestre, de origen vegetal, generada como resultado de la descomposición lenta de la materia orgánica de los bosques, acumulada en lugares pantanosos, lagunas y deltas fluviales, principalmente durante el período Carbonífero. Estos vegetales enterrados sufrieron un proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, debido a la acción

conjunta de microorganismos, en condiciones de presión y temperatura adecuados. A medida que pasaba el tiempo, el carbón aumentaba su contenido en carbono, lo cual incrementa la calidad y poder calorífico del mismo. Según este criterio, el carbón se puede clasificar en:

- **Turba** : es el carbón más reciente. Tiene un porcentaje alto de humedad (hasta 90%), bajo poder calorífico (menos de 4000 kcal/kg) y poco carbono (menos de un 50%). Se debe secar antes de su uso. Se encuentra en zonas pantanosas. Se emplea en calefacción y como producción de abonos. Tiene muy poco interés industrial debido a su bajo poder calorífico.

- **Lignito** : poder calorífico en torno a las 5000 kcal/kg, con más de un 50 % de carbono (casi un 70%) y mucha humedad (30%). Se encuentra en minas a cielo abierto y por eso, su uso suele ser rentable. Se emplea en algunas centrales térmicas para la obtención de energía eléctrica y para la obtención de subproductos mediante destilación seca.

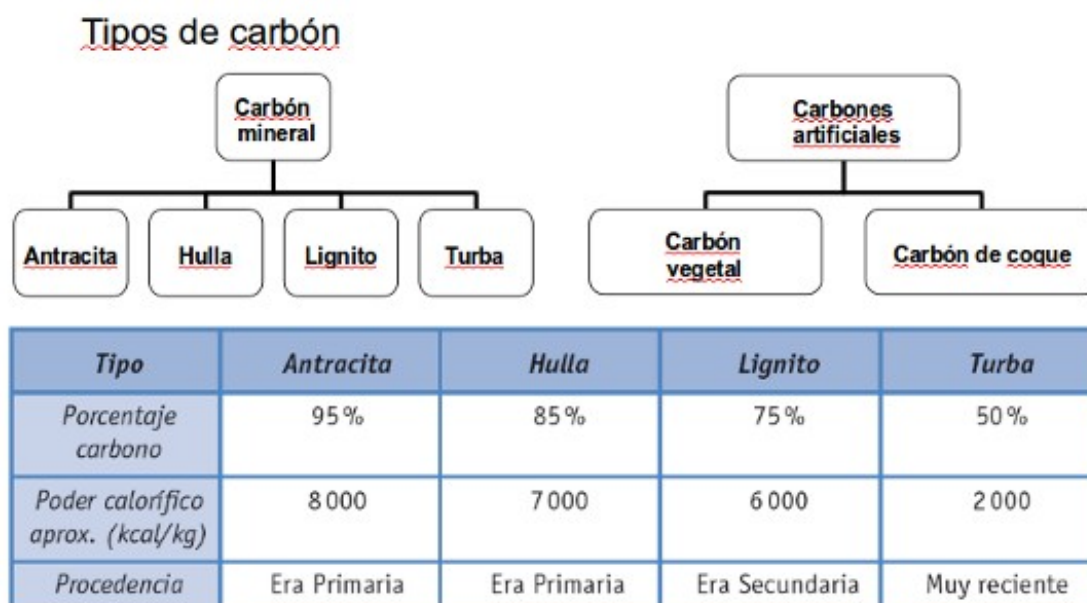
- **Hulla** : tiene alto poder calorífico, más de 7000 kcal/kg y elevado porcentaje de carbono (85%). Se emplea en centrales eléctricas y fundiciones de metales. Por destilación seca se obtiene amoníaco, alquitrán y carbón de coque (muy utilizado en industria: altos hornos).

- **Antracita** : es el carbón más antiguo, pues tiene más de un 90% de carbono. Arde con facilidad y tiene un alto poder calorífico (más de 8000 kcal/kg).

A través de una serie de procesos, se obtienen los **carbones artificiales**; los más importantes son el coque y el carbón vegetal.

- **Coque**: se obtiene a partir del carbón natural. Se obtiene calentando la hulla en ausencia de aire en unos hornos especiales. El resultado es un carbón con un mayor poder calorífico.

- **Carbón vegetal**: se obtiene a partir de la madera. Puede usarse como combustible, pero su principal aplicación es como absorbente de gases, por lo que se usa en mascarillas antigás. Actualmente su uso ha descendido.



Yacimientos de carbón:

- A cielo abierto o en superficie
- En ladera o poco profundo
- En profundidad, con galerías horizontales
- En profundidad, con galerías en ángulo

Su uso comenzó a adquirir importancia hacia la segunda mitad del siglo XVIII, siendo una de las bases de la Revolución Industrial.

Los principales productores son: EEUU, Polonia, Austria y Rusia. En España en las provincias de León, Asturias y Teruel.

Combustión del carbón:

Cuando se produce la combustión del carbón, se liberan a la atmósfera varios elementos contaminantes, como son el dióxido de azufre, SO_2 , óxidos de nitrógeno, NO y NO_2 , y óxidos de carbono, CO y CO_2 . Estos agentes contribuyen a la lluvia ácida y al efecto invernadero.

Actualmente, la tecnología ha avanzado lo suficiente como para eliminar en gran parte estas emisiones, pero ello provoca un gran aumento en los costes de producción.

Ventajas y desventajas del uso del carbón:

Ventajas	Desventajas
<i>Se obtiene una gran cantidad de energía de forma sencilla, cómoda y regular.</i>	<i>Su extracción es peligrosa en cierto tipo de yacimientos</i>
<i>El carbón se suele consumir cerca de dónde se explota. Se ahorran costes de transporte</i>	<i>Al ser no renovable se agotará en el futuro</i>
<i>Seguro en su transporte, almacenamiento y utilización</i>	<i>Su combustión y extracción genera problemas ambientales. Contribuye al efecto invernadero, la lluvia ácida y alteración de ecosistemas.</i>

Aplicaciones

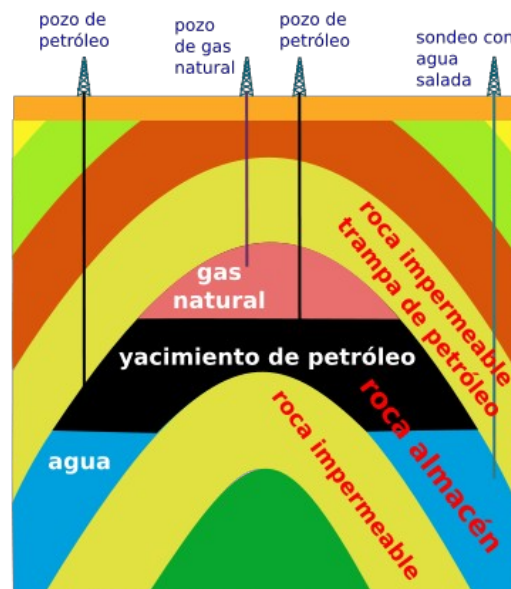
- Es la mayor fuente de combustible usada para la generación de energía eléctrica.
- Es también indispensable para la producción de hierro y acero; casi el 70 % de la producción de acero proviene de hierro hecho en altos hornos con ayuda del carbón de coque.

El petróleo

Es un combustible natural líquido constituido por una mezcla de hidrocarburos (mezcla de carbono e hidrógeno). Su composición es muy variable de unos yacimientos a otros. Su poder calorífico oscila entre las 9000 y 11000 kcal/kg.

Su proceso de transformación es similar al del carbón (descomposición de masas vegetales y animales en contacto con el aire, y posterior descomposición anaerobia). Procede de la transformación, por acción de determinadas bacterias, de enormes masas de plancton sepultadas por sedimentos en áreas oceánicas en determinadas condiciones de presión y temperatura. Es, por lo tanto, un combustible fósil, más ligero que el agua.

Estos depósitos se almacenan en lugares con roca porosa y hay rocas impermeables (arcilla) a su alrededor que evita que se salga.



Yacimientos

Para detectarlos es necesario realizar un estudio geológico de la zona (por medio de ondas que sufren modificaciones en su trayectoria)

Normalmente se encuentran bajo una capa de hidrocarburos gaseosos. Cuando se perfora y se llega a la capa de petróleo, la presión de los gases obligan al petróleo a salir a la superficie, por lo que suele inyectarse agua o gas para incrementar esta presión.

Algunos se encuentran a una profundidad que puede alcanzar los 15000 m.

Transporte

Oleoductos : tubos de acero protegidos de 80 cm de diámetro que enlazan yacimientos con refinerías y puertos de embarque.

Petroleros : buques cuyo espacio de carga está dividido por tabiques formando tanques.

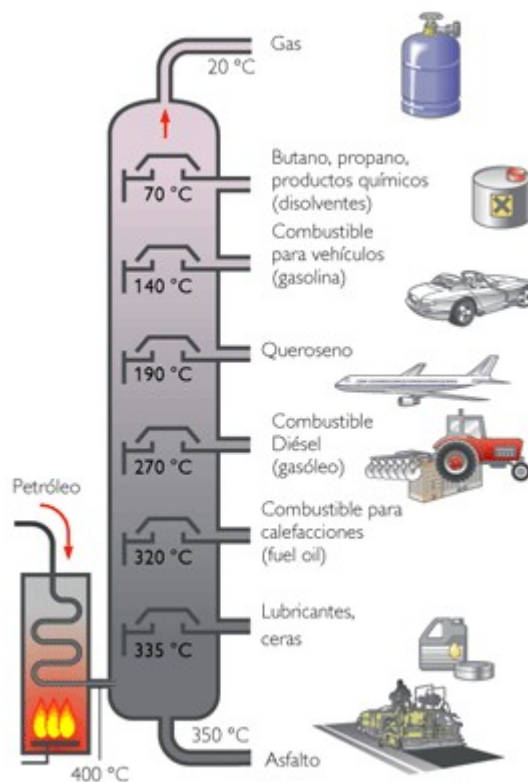
Transporte por ferrocarril y carretera : se emplea cuando ninguno de los métodos anteriores es rentable. Emplea vagones o camiones cisterna.

Refino del petróleo

El petróleo crudo carece de utilidad. Sus componentes deben separarse en un proceso denominado refino. Esta técnica se hace en las refinerías. Los componentes se separan en la **torre de fraccionamiento** calentando el petróleo. En la zona más alta de la torre se recogen los hidrocarburos más volátiles y ligeros (menor temperatura) y en la más baja los más pesados (mayor temperatura).

Del refino del petróleo se extraen los siguientes productos, comenzando por aquellos más pesados, obtenidos a altas temperaturas en la parte más baja de la torre de fraccionamiento :

- ✓ Residuos sólidos como el asfalto: para recubrir carreteras.
- ✓ Aceites pesados: Para lubricar máquinas.
- ✓ Gasóleos: Para calefacción y motores Diesel.
- ✓ Queroseno: Para motores de aviación.
- ✓ Gasolinas: Para el transporte de vehículos.
- ✓ Gases: Butano, propano,... como combustibles domésticos.



Ventajas y desventajas del uso del petróleo:

Ventajas	Desventajas
<i>Produce energía de forma regular con buen rendimiento</i>	<i>Al ser no renovable, sus reservas disminuirán y su precio se encarecerá.</i>
<i>De él se obtienen diferentes productos</i>	<i>Su manipulación es peligrosa.</i>
	<i>Su combustión y extracción genera problemas ambientales. Contribuye al efecto invernadero, la lluvia ácida y alteración de ecosistemas.</i>

Combustibles gaseosos

Gas natural

Se obtiene de yacimientos. Consiste en una mezcla de gases que se encuentra almacenada en el interior de la tierra, unas veces aisladamente (gas seco) y en otras ocasiones acompañando al petróleo (gas húmedo). Su origen es semejante al del petróleo, aunque su extracción es más sencilla. Consiste en más de un 70% en metano, y el resto es mayoritariamente, etano, propano y butano. Es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Su poder calorífico ronda las 11000 kcal/ m³

Una vez extraído, se elimina el agua y se transporta empleando diversos métodos. Para su transporte se emplea:

- Gasoductos : Tuberías por las que circula el gas a alta presión, hasta el lugar de consumo.
- Buques cisterna : En este caso, es necesario licuar primero el gas. De este modo, el gas se transforma de forma líquida. Al llegar al destino se regasifica.

Se emplea como combustible en centrales térmicas, directamente como combustible (vehículos) y como combustible doméstico e industrial.

El gas natural es la segunda fuente de energía primaria empleada en Europa (representa un 20% del consumo) y está en alza.

Su nivel de contaminación es bajo, comparado con otros combustibles, pues casi no presenta impurezas (algo de sulfuro de hidrógeno, H₂S, que se puede eliminar antes de llegar al consumidor) y produce energía eléctrica con alto rendimiento. Es limpio y fácil de transportar. El inconveniente está que lugares de producción están lejos de Europa.

Gas ciudad o gas de hulla

Se obtiene principalmente a partir de la destilación de la hulla. Se distribuye mediante tuberías hasta los hogares. Poder calorífico sobre 4000 kcal/m³ . Es muy tóxico e inflamable, por lo que ha sido sustituido como combustible doméstico por el gas natural.

Gases licuados del petróleo o gases GLP

Son el butano y el propano. Se obtienen en las refinerías y poseen un poder calorífico que ronda las 25000 kcal/m³ . Se almacenan en bombonas a grandes presiones en estado líquido.

Impacto ambiental del uso de los combustibles fósiles

Carbón

Tanto la extracción como la combustión del carbón origina una serie de deterioros medioambientales importantes. El más importante es la emisión a la atmósfera de residuos como el óxido de azufre, óxido de nitrógeno y dióxido de carbono. Estos gases se acumulan en la atmósfera provocando los siguientes efectos:

- **Efecto invernadero:** La capa gaseosa que rodea a la Tierra tiene, entre otros, dióxido de carbono, metano y dióxido de azufre. Estos gases se conocen como gases invernadero y son necesarios para la existencia de la vida en el planeta. La radiación solar atraviesa la atmósfera, parte de ella se refleja en forma de radiación infrarroja y escapa nuevamente al espacio, permitiendo regular la temperatura en la superficie terrestre. Actualmente, y debido a la acción del ser humano, la presencia de estos gases se ha incrementado, lo que impide que salga una buena parte de la radiación infrarroja que reemite la Tierra, lo que provoca el calentamiento de la misma.

- **Lluvia ácida:** provocado por los óxidos de azufre y nitrógeno. Estos gases reaccionan con el vapor de agua y, en combinación con los rayos solares, se transforman en ácidos sulfúrico y nítrico, que se precipitan a la tierra en forma de lluvia. Deteriorando...

- Bosques: y la consiguiente pérdida de fertilidad de la tierra.
- Ríos: dañando la vida acuática y deteriorando el agua.
- Patrimonio arquitectónico: pues ataca la piedra.

Petróleo

La extracción de pozos petrolíferos y la existencias de refinerías, oleoductos y buques petroleros, ocasiona...

- **Derrames:** que afectan al suelo (pérdida de fertilidad) y al agua (que afecta a la vida marina, ecosistemas costeros, ...)

- Influencia sobre la atmósfera: causando el **efecto invernadero** y la **lluvia ácida** por las mismas razones antes expuestas. Además, el monóxido de carbono es sumamente tóxico.

Gas

Influencia sobre la atmósfera con efectos similares a los casos anteriores, aunque en menor medida.

CENTRALES TERMICAS

Una central térmica transforma la energía calorífica de un combustible (gas, carbón, fuel) en energía eléctrica. También se pueden considerar centrales térmicas aquellas que funcionan con energía nuclear.

Todas las centrales térmicas siguen un ciclo de producción de vapor destinado al accionamiento de las turbinas que mueven el rotor del alternador.

Fases

1. Se calienta el agua líquida que ha sido bombeada hasta un serpentín de calentamiento (sistema de tuberías). El calentamiento de agua se produce gracias a una *caldera* que obtiene energía de la combustión del combustible (carbón pulverizado, fuel o gas).

2. El agua líquida pasa a transformarse en vapor; este vapor es húmedo y poco energético.

3. Se sobrecalienta el vapor que se vuelve seco, hasta altas temperaturas y presiones.

4. El vapor sobrecalentado pasa por un sistema de conducción y se libera hasta una *turbina*, provocando su movimiento a gran velocidad, es decir, generamos energía mecánica.

5. La turbina está acoplada a un *alternador* solidariamente que produce la energía eléctrica.

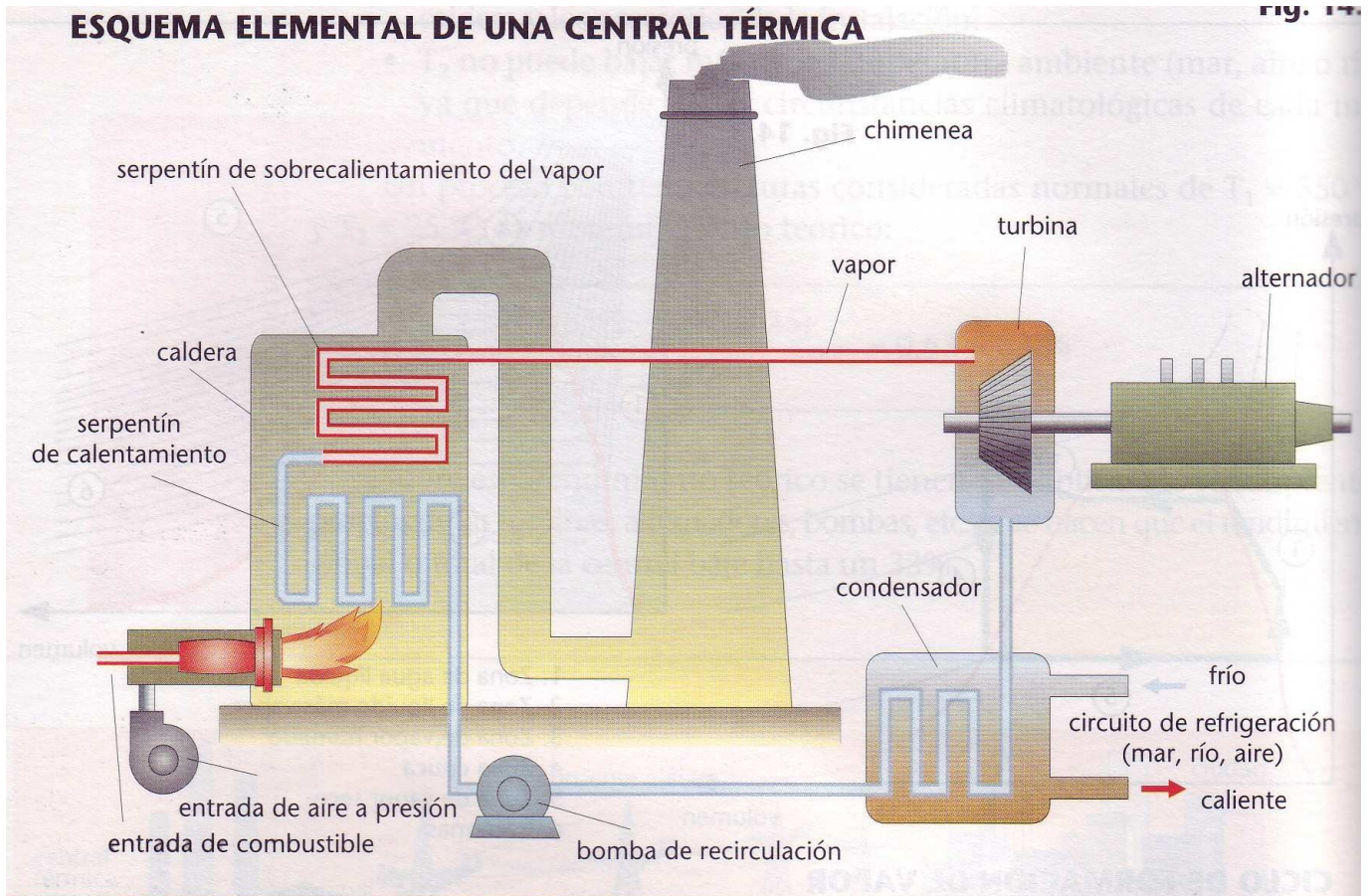
6. En esta etapa final, el vapor se enfría, se condensa y regresa al estado líquido. La instalación donde se produce la condensación se llama *condensador*. El agua líquida forma parte de un circuito cerrado y volverá otra vez a la caldera, previo calentamiento.

La corriente eléctrica se genera a unos 20.000 voltios de tensión y se pasa a los *transformadores* para elevar la tensión hasta unos 400.000 voltios, para su traslado hasta los puntos de consumo.

NOTA: Si la central térmica es de carbón, éste se almacena a medida que llega de la mina y se traslada por medio de una cinta transportadora hasta la tolva, de donde se pasa a un molino en el que se tritura hasta quedar convertido en polvo fino que arde más fácilmente. A continuación se mezcla con aire precalentado y se introduce en la caldera.

Si el combustible empleado es fuel, éste se almacena en depósitos a medida que llega de la refinería y tras ser calentado, se conduce desde ellos a la caldera.

Si la central térmica es de gas, éste pasa de los tanques de almacenamiento a la caldera, experimentando también un calentamiento previo.

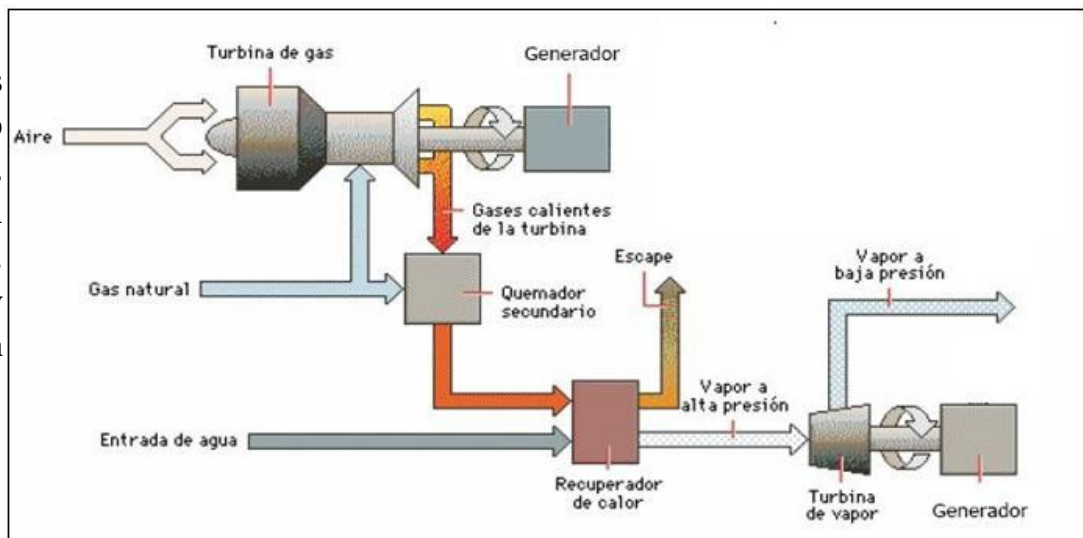


CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO

Una central térmica de ciclo combinado es aquella que usa, normalmente, gas natural como combustible y, para generar electricidad usa dos turbinas: una turbina de gas y otra de tradicional de vapor que aprovecha la energía de los gases de escape de la combustión del gas, consiguiendo con ello aumentar el rendimiento de un 30% (centrales convencionales) a un 55%.

El gas en combustión mueve directamente una turbina de alta velocidad.. La energía producida por los gases de salida de la turbina alimenta un circuito convencional de vapor, que mueve una segunda turbina.

A pesar de que estas plantas de ciclo combinado pueden ser de gas natural, fuel, o mixtas, se prefiere el gas, ya que es más limpio, no contiene azufre y produce menos CO₂ para la misma energía producida.



CENTRALES NUCLEARES

Una central nuclear es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear, que se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

Estas centrales constan de uno o varios reactores, que son contenedores (llamados habitualmente vasijas) en cuyo interior se albergan varillas algún elemento que puede fisionarse, usualmente uranio, y en algunos combustibles también plutonio.

Las instalaciones nucleares son construcciones muy complejas por la variedad de tecnologías industriales empleadas y por la elevada seguridad con la que se les dota. Las características de la reacción nuclear hacen que pueda resultar peligrosa si se pierde su control y prolifera por encima de una determinada temperatura a la que funden los materiales empleados en el reactor, así como si se producen escapes de radiación nociva por esa u otra causa.

La energía nuclear se caracteriza por producir, además de una gran cantidad de energía eléctrica, residuos nucleares que hay que albergar en depósitos aislados y controlados durante largo tiempo. A cambio, no produce contaminación atmosférica de gases derivados de la combustión que producen el efecto invernadero, ni precisan el empleo de combustibles fósiles para su operación. Sin embargo, las emisiones contaminantes indirectas derivadas de su propia construcción, de la fabricación del combustible y de la gestión posterior de los residuos radiactivos (se denomina gestión a todos los procesos de tratamiento de los residuos, incluido su almacenamiento) no son despreciables.

Funcionamiento

Las centrales nucleares constan principalmente de cuatro partes:

- El **reactor nuclear**, donde se produce la reacción nuclear.
- El **generador de vapor de agua** (sólo en las centrales de tipo **PWR**).
- La **turbina**, que mueve un generador eléctrico para producir electricidad con la expansión del vapor.
- El **condensador**, un intercambiador de calor que enfría el vapor transformándolo nuevamente en líquido.

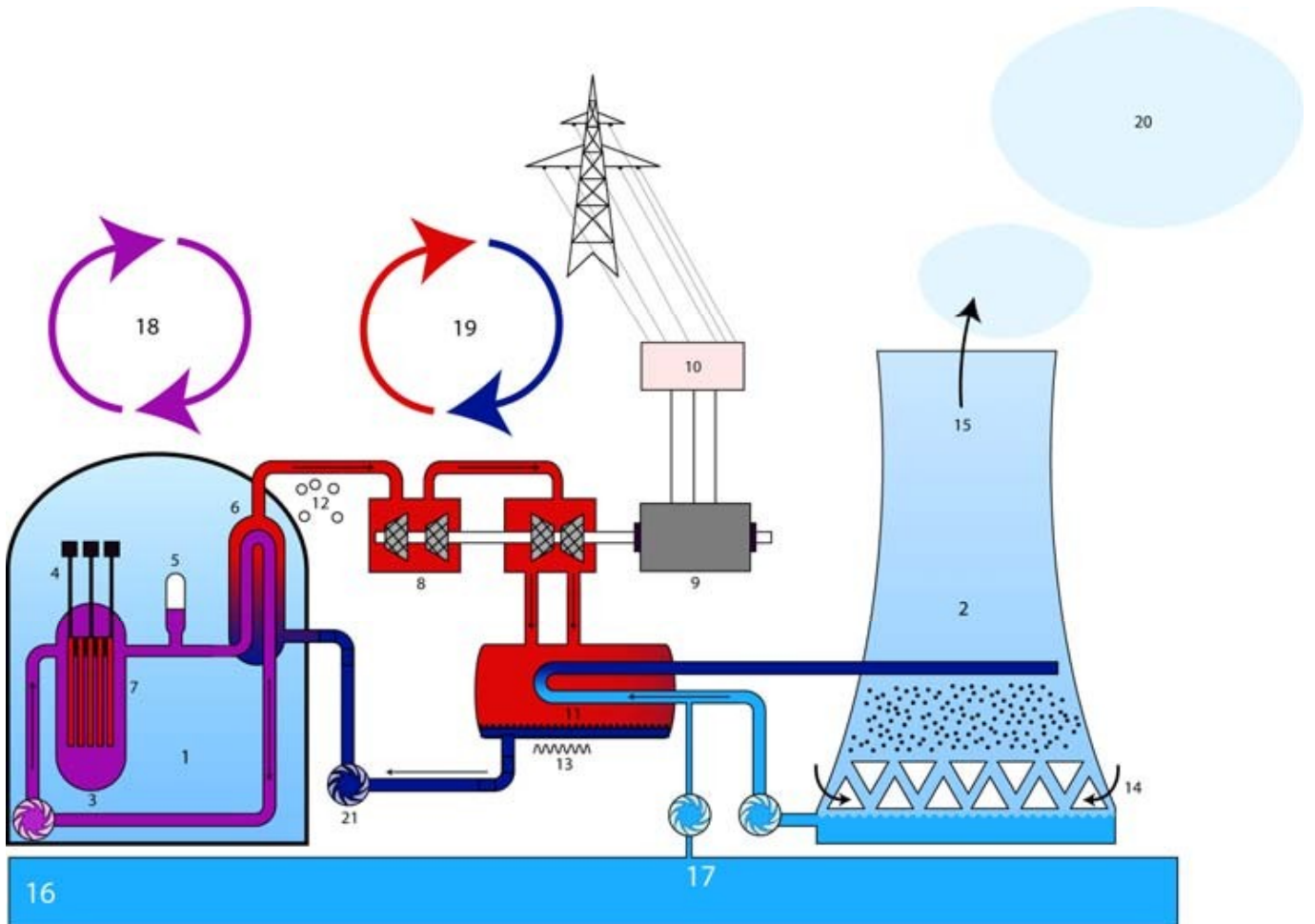
El **reactor nuclear** es el encargado de realizar la fisión del combustible nuclear, como uranio o plutonio, liberando una gran cantidad de energía calorífica por unidad de masa de combustible.

El **generador de vapor** es un intercambiador de calor que transmite calor del circuito primario, por el que circula el agua que se calienta en reactor, al circuito secundario, transformando el agua en vapor de agua que posteriormente se expande en las **turbinas**, produciendo el movimiento de éstas que a la vez hacen girar los generadores, produciendo la energía eléctrica. Mediante un transformador se aumenta la tensión eléctrica a la de la red de transporte de energía eléctrica.

Después de la expansión en la turbina el vapor es condensado en el **condensador**, donde cede calor al agua fría refrigerante, que en las centrales **PWR** procede de las torres de refrigeración. Una vez

condensado, vuelve al reactor nuclear para empezar el proceso de nuevo.

Las centrales nucleares siempre están cercanas a un suministro de agua fría, como un río, un lago o el mar, para el circuito de refrigeración, ya sea utilizando torres de refrigeración o no.



Central nuclear con un reactor de agua a presión (PWR)

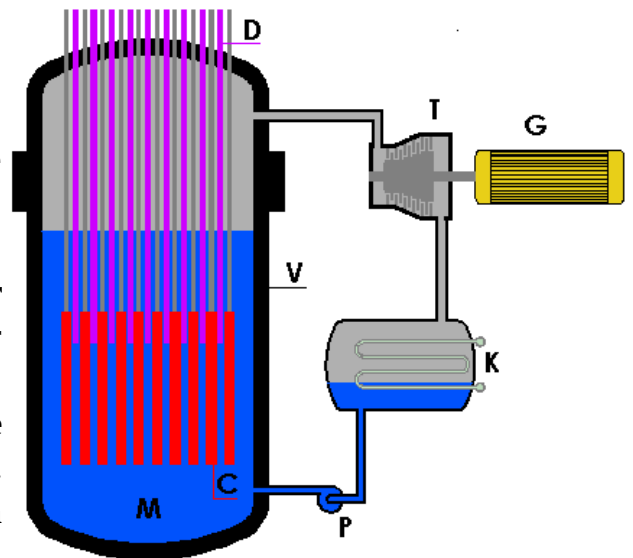
1- Edificio de contención. 2- Torre de refrigeración. 3- Reactor nuclear. 4- Barras de control. 5- Acumulador de presión. 6- Generador de vapor. 7- Combustible nuclear. 8- Turbina. 9- Generador eléctrico. 10- Transformador. 11- Condensador. 12- Vapor. 13- Líquido saturado. 14- Aire ambiente. 15- Aire húmedo. 16- Río. 17- Circuito de refrigeración. 18- Circuito primario. 19- Circuito secundario. 20- Emisión de aire húmedo (con vapor de agua).

Reactor de agua en ebullición (BWR)

Un reactor de agua en ebullición (BWR) (ing: Boiling Water Reactor), es un tipo de reactor nuclear de agua ligera en el que el agua común se utiliza como refrigerante y moderador. Ésta alcanza la ebullición en el núcleo, formando vapor que se utiliza para impulsar la turbina que mueve el generador eléctrico.

Funcionamiento

En un reactor del tipo **BWR** sólo se utiliza un circuito en el cual el **combustible nuclear** (C) hace hervir el agua produciendo vapor. Este último asciende hacia una serie de separadores y secadores que lo separan del caudal del agua de refrigeración, reduciendo el contenido humedad del vapor, lo cual aumenta la calidad de éste. El vapor seco fluye entonces en dirección a la **turbina** (T) que mueve el **generador eléctrico** (G). Tras esto el vapor que sale de la turbina pasa por un **condensador** (K) que lo enfría obteniéndose nuevamente agua líquida, la cual es impulsada mediante **bombas** (P) de nuevo hacia el interior de la vasija que contiene el **núcleo** (V). Dado que el vapor fluye desde el reactor, éste se comporta como una máquina térmica convencional.



Control

La potencia del reactor se controla mediante dos métodos:

1. Introduciendo o retirando barras de control (D) y
 2. modificando el flujo de agua a través del núcleo del reactor.
- Variar la posición (retirando o introduciendo) de las barras de control es el método común de control de la potencia cuando se arranca el reactor y cuando se trabaja hasta el 70% de la potencia del reactor.

A medida que las barras de control se retiran, se reduce la absorción de neutrones en las mismas, aumentando en el combustible. Por tanto aumenta la potencia del reactor. En cambio, al introducir barras de control, aumenta la absorción de neutrones en estas y disminuye en el combustible de forma que se reduce la potencia en el reactor.

- Variar (aumentando o disminuyendo) el flujo de agua a través del núcleo es el método de control más habitual cuando se está operando la central entre el 70% y el 100% de la potencia del reactor.

A medida que se aumenta el flujo de agua a través del núcleo, las burbujas de vapor ("cavidades") se eliminan más rápidamente del núcleo, aumenta por tanto la cantidad de agua líquida, con lo que a su vez aumenta la moderación de neutrones. Esto significa que habrá más neutrones que se ralentizan pudiendo ser absorbidos por el combustible fisil y, en consecuencia, aumentará la potencia del reactor. Cuando disminuye el flujo de agua a través del núcleo se produce el proceso inverso: las burbujas de vapor se mantienen más tiempo en el núcleo, la cantidad de agua líquida en el núcleo disminuye, decrece la moderación de neutrones, con lo que son menos los neutrones que se ralentizan y menos los absorbidos por el combustible, y por tanto se reduce la potencia del reactor.

Esta es una característica muy relevante del diseño de los BWR para la seguridad nuclear dado que, en general, un aumento incontrolado de la potencia del reactor da lugar a una mayor ebullición de agua y por tanto una disminución de la potencia del reactor, que puede llegar a su apagado.

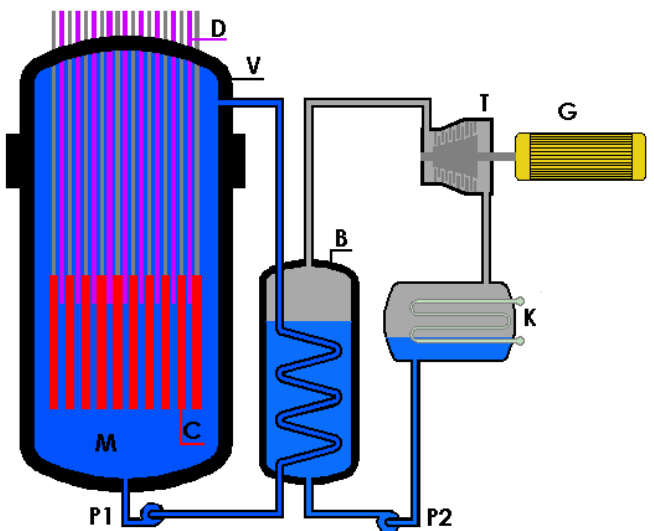
Reactor de agua a presión (PWR)

Un reactor de agua a presión (por sus siglas en inglés PWR: Pressurized Water Reactor), el circuito primario de refrigeración está presurizado con el fin de evitar que el agua alcance su punto de ebullición, de aquí el nombre de este tipo de reactores.

El PWR es uno de los tipos de reactores más utilizados a nivel mundial. Se usan para la generación de energía eléctrica, para propulsión naval, para ser utilizado como planta de energía en un submarino nuclear. También, algunos PWR pequeños han sido utilizados para calefacción en regiones polares.

Funcionamiento

En un **PWR**, el **combustible nuclear** (C) calienta el agua del circuito primario entregando calor por a través de la vaina que contiene al combustible. El agua calentada por el combustible nuclear, se **bombea** (P1) hacia un tipo de intercambiador de calor llamado **generador de vapor** (B), en donde el calor del agua del circuito primario se transfiere hacia el agua del circuito secundario para convertirla en vapor. La transferencia de calor se lleva a cabo sin que el agua de los circuitos primario y el secundario se mezclen ya que el agua del circuito primario es radioactiva, mientras que es necesario que el agua del secundario no lo sea. El vapor que sale del generador de vapor se utiliza para mover una **turbina** (T) que a su vez mueve un **generador eléctrico** (G).



En submarinos nucleares la electricidad se utiliza para alimentar una máquina eléctrica que se utiliza para la propulsión del submarino, mientras que en una planta de potencia el generador eléctrico está conectado a la red de distribución eléctrica. Luego de que pasa por la turbina, el vapor se enfría en un **condensador** (K) donde se tiene nuevamente agua líquida que es **bombeada** (P2) nuevamente hacia el generador de vapor. El condensador es enfriado por un tercer circuito de agua llamado circuito terciario.

Se tienen dos características distintivas de los reactores de agua presurizada (PWR):

En un PWR, hay tres circuitos de refrigeración (primario, secundario y terciario), que utilizan agua ordinaria (también llamada agua ligera, en el ámbito de la ingeniería nuclear). En cambio, en un reactor de agua en ebullición (BWR) hay dos circuitos. También hay otros tipos de reactores, tales como los reactores rápidos que utilizan otras sustancias en lugar de agua en sus circuitos de refrigeración.

La presión en el circuito primario es típicamente de 16 MPa, que es una presión notablemente más alta que en otros reactores nucleares. Como consecuencia de esto, la temperatura de ebullición del agua se aumenta a un valor tal que se garantiza que el agua del circuito primario no se evapore durante la operación normal del reactor. En cambio, en un BWR el agua del primario no está presurizada y se convierte en vapor. En algunos diseños este vapor es el que se utiliza directamente para mover la turbina, eliminando la necesidad de utilizar un generador de vapor.