

UNIDAD 2. LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

INTRODUCCIÓN

Se conoce por combustibles fósiles a determinadas sustancias procedentes de restos vegetales y de otros organismos vivos (como el plancton) que hace millones de años fueron sepultados por efecto de la sedimentación o de cataclismos o fenómenos naturales y que se transformaron por la acción de microorganismos bajo unas adecuadas condiciones de presión y temperatura. Estas sustancias son el carbón, el petróleo y el gas natural, a los que hay que añadir los esquistos bituminosos y las arenas alquitranadas, cuyo estudio y aprovechamiento se ha iniciado hace pocos años.

1. EL CARBÓN

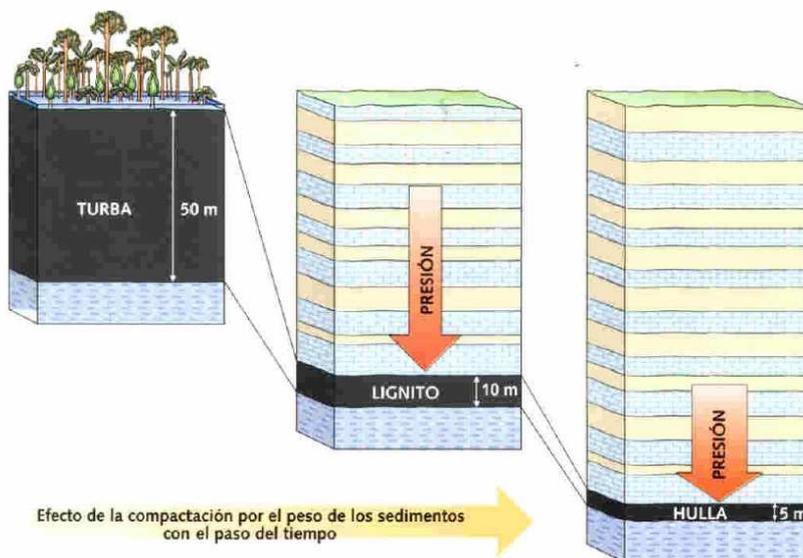
El carbón es la fuente más utilizada en la producción de electricidad (40%). También es fundamental en la producción de aluminio, de cemento y de acero en los altos hornos.

El carbón es el resultado de la descomposición lenta de materia orgánica vegetal de los bosques, acumulada en lugares pantanosos, lagunas y deltas fluviales, que quedó sepultada por efectos de la sedimentación principalmente en el periodo Carbonífero de la Era Primaria (hace unos 300 millones de años). Cuanto más antiguo es su origen, mayor proporción de carbono contiene, lo que incrementa su calidad y poder calorífico.

Se distinguen cuatro tipos de **carbones naturales**:

- **Turba**: es el carbón mas reciente. Contiene mucha humedad, bajo poder calorífico y poco carbono. Se debe secar antes de su uso. Se emplea básicamente en calefacción.
- **Lignito**: tiene más carbono y poder calorífico que la turba, pero también tiene mucha humedad, por lo que requiere secarlo. Sus yacimientos son poco profundos, por lo que se explota a cielo abierto, que es más barato. Se emplea en centrales eléctricas y para la obtención de subproductos mediante destilación seca (descomposición por calor en ausencia de aire).
- **Hulla**: tiene alto poder calorífico y porcentaje de carbono. Se emplea en centrales eléctricas y en fundiciones de metales. Por destilación seca se obtiene amoníaco, alquitrán, gas ciudad y coque.
- **Antracita**: es el carbón más antiguo, con mayor contenido en carbono y poder calorífico.

Tipos carbón natural	Humedad (%)	Carbono (%)	Poder calorífico (kCal/g)
Turba	70-90	45-60	4,5 - 6
Lignito	30-50	60-75	6 - 7
Hulla	1-20	75-92	7 - 8
Antracita	1-4	92-95	8 - 9



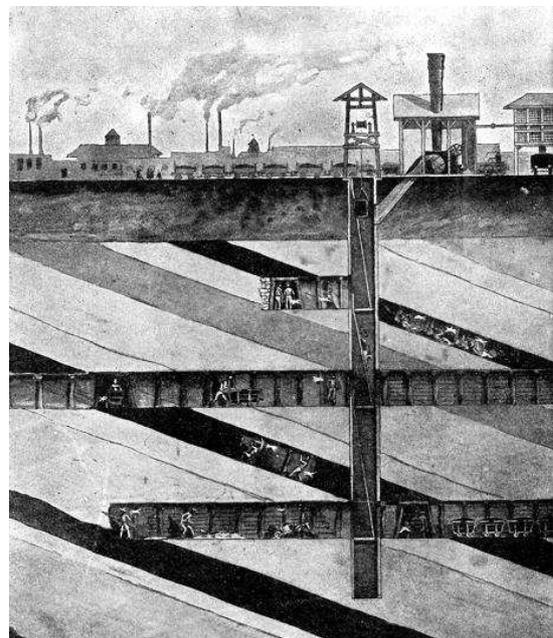
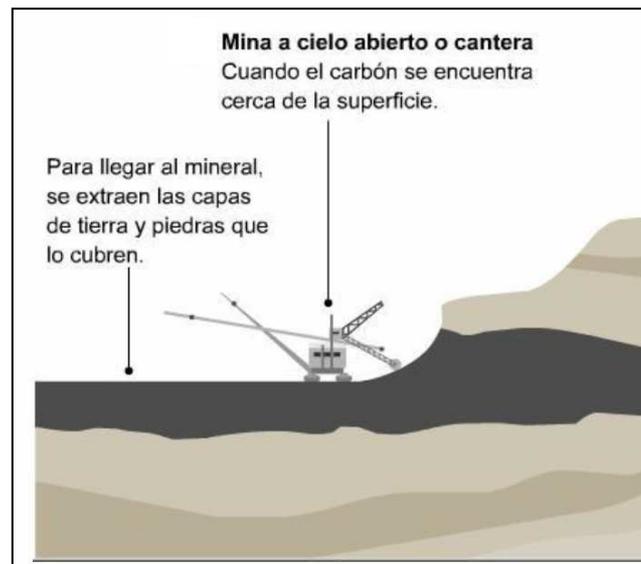
A través de una serie de procesos se obtienen los **carbones artificiales**; los más importantes son el coque y el carbón vegetal.

- **Coque**: se obtiene por destilación seca de la hulla (calentamiento en ausencia de aire). El resultado es un carbón con un mayor poder calorífico, además de una serie de productos volátiles (gas ciudad, amoníaco), alquitrán, etc. Se usa como combustible en la producción de hierro en los altos hornos.
- **Carbón vegetal**: se obtiene por destilación seca de la madera. Es muy poroso. Puede usarse como combustible, pero su principal aplicación es como absorbente de gases.

1.1. Explotación del carbón

La explotación de los yacimientos de carbón puede ser de dos tipos: explotación a cielo abierto (40%) y laboreo subterráneo (60%).

- **Explotación a cielo abierto**: se lleva a cabo cuando el carbón está en la superficie o a escasa profundidad. Se retira el material que está encima de la veta del carbón y luego se extrae como si se tratara de una cantera.
- **Laboreo subterráneo**: se usa cuando el carbón está profundo. Se perforan pozos hasta llegar a la veta y galerías para extraer el mineral. Hay que garantizar la ventilación por medio de motores y evitar las acumulaciones de **grisú** (mezcla de gases que se desprenden durante la formación del carbón que son explosivos en presencia de aire por acción de una chispa). Otro problema de este tipo de explotación es la enfermedad conocida como **silicosis**, a la cual están expuestos los mineros al inhalar partículas de sílice (SiO_2).



1.2. Inconvenientes del uso del carbón

- **Peligrosidad** en su extracción en minas subterráneas. Provoca gran cantidad de muertes por accidentes laborales (desprendimientos, explosiones, silicosis, etc).
- El transporte por tren, camiones o barcos es caro, por lo que el carbón debe consumirse cerca de donde se produce. Esto **concentra** en dicha zona a la industria consumidora de carbón (centrales térmicas, siderurgia, etc.) sufriendo casi todo el **impacto ambiental**.
- El proceso de combustión del carbón provoca graves **alteraciones medioambientales** (efecto invernadero, lluvia ácida, etc.) que, por ser similares a otros combustibles fósiles, las veremos luego.

1.3. Los “usos limpios” del carbón

Actualmente se usan técnicas para reducir los efectos contaminantes de la combustión de carbón:

- Trituración y lavado previo del carbón para reducir su contenido en azufre y otras sustancias. Esto reduce las emisiones de cenizas volantes, escorias y óxidos de azufre.
- Inyección de cal en la combustión, con lo que se atrapa parte de los óxidos de azufre generados, recogándose en las cenizas y escorias.
- Pulverización del carbón (partículas de 0,1 mm de diámetro), con lo que la combustión dura muy poco tiempo y se reducen las emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno.
- Captación de productos contaminantes en los gases de combustión mediante procesos de precipitación, lavado y filtrado. Así se puede capturar CO₂.
- Gasificación del carbón. Es un proceso que transforma el carbón en un combustible gaseoso compuesto fundamentalmente por CO y H₂, al que hay que retirarle las sustancias indeseables como lo compuestos de azufre y cenizas. Como el proceso genera calor y el combustible se puede quemar, puede usarse en un ciclo combinado para producir electricidad. Actualmente, los costes son aún muy elevados.

1.4. El carbón en el mundo y en España

El carbón representa sobre el 70% de las reservas energéticas mundiales de fuentes no renovables conocidas. Sobre el 30% de la energía que se consume en el mundo procede del carbón. El 40% de la electricidad producida en el mundo procede del carbón. Se estima que quedan reservas conocidas de carbón para unos dos siglos.

Los principales productores de carbón son China y Estados Unidos, mientras que las principales reservas se encuentran en Estados Unidos, Rusia y China. España no tiene mucho carbón, y no es de muy buena calidad, lo que hace poco rentable su explotación. Los principales yacimientos se encuentran en Asturias y León.

2. EL PETRÓLEO

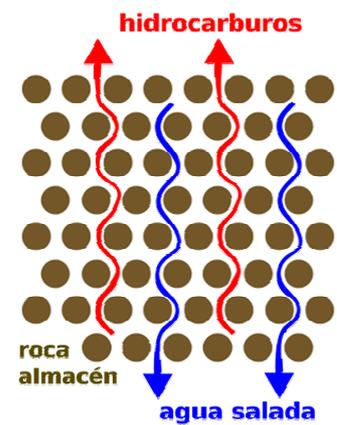
El petróleo es un combustible natural formado por una mezcla de hidrocarburos líquidos que llevan en disolución hidrocarburos sólidos, siendo muy variable su composición de unos yacimientos a otros. Su poder calorífico oscila entre 9 y 11 kcal/g. Es menos denso que el agua e insoluble en ella.

La mayor parte del petróleo existente se formó hace unos 90 millones de años. Procede, al igual que el gas natural, de restos de plantas (algas) y animales marinos (zooplancton) acumulados en cuencas marinas cercanas a la costa, sobre los que se fueron depositando sedimentos que los protegieron de la oxidación. La acción de determinadas bacterias en ausencia de aire bajo las capas de sedimentos provocó la transformación de dichos restos orgánicos en petróleo.

El petróleo rara vez se encuentra en su roca madre (yacimientos de formación) ya que las fuerzas orogénicas plegaron y elevaron los estratos expulsando al petróleo, gracias a su pequeña densidad y gran movilidad, hasta situarse en sedimentos porosos (roca almacén).

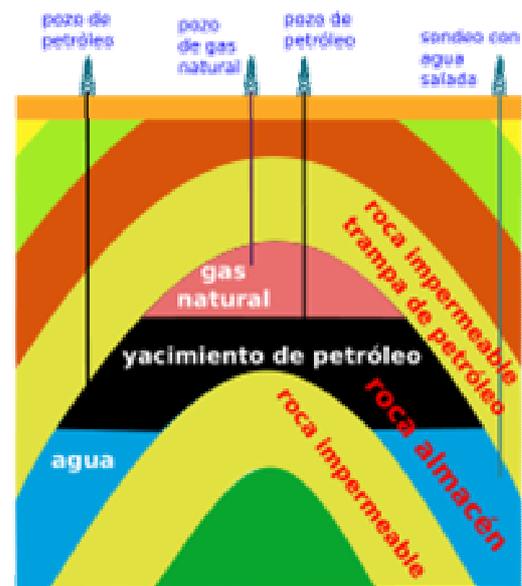


En estas rocas porosas también hay agua salada. Debido a la menor densidad de los hidrocarburos respecto al agua, éstos van ascendiendo y acaban alcanzado la superficie salvo que una capa de rocas impermeables obstaculice esta migración. Si llegan a la superficie, los hidrocarburos más volátiles se evaporan, quedando una sustancia blanda y pegajosa conocida desde la antigüedad como **asfalto**.



Las estructuras geológicas que hacen posible la acumulación del petróleo manteniéndolo atrapado en los poros de una roca almacén se denominan **trampas petrolíferas**. Existen diversos tipos de trampas, aunque todas ellas tienen en común la existencia de una roca almacén, permeable y porosa, y una roca "tapadera", impermeable, que interrumpe el sentido ascendente del petróleo y del gas impidiendo que escapen a la superficie.

Normalmente el petróleo se encuentra formando bolsadas a una profundidad de entre 10 y 5000 metros, y suele estar asociado a agua salada y a gases combustibles.



2.1. La explotación del petróleo

Antes de decidir la explotación de un yacimiento petrolífero se realiza una **prospección**, que es una investigación del subsuelo a partir de estudios geológicos (explosiones y sismógrafos para estudiar la reflexión de ondas sonoras). La prospección termina con una perforación de exploración (**sondeo**) para evaluar la magnitud del yacimiento y la calidad del crudo.

La perforación

Una vez se encuentra un yacimiento rentable se perforan pozos hasta alcanzarlo. La **perforación** se puede realizar por dos métodos:

- **Método de percusión:** una sonda de acero se eleva y desciende rítmicamente rompiendo la roca. Cada cierto tiempo se extraen los fragmentos. Se emplea en pozos de poca profundidad y cuando la roca es de poca dureza. Es un método lento. Está en desuso.
- **Método de rotación:** se emplea una especie de broca (**trépano**), colocada en el extremo de un tubo llamado **tubo de sondeo** o



de perforación, que al girar va rompiendo la roca. A este tubo se le van acoplando nuevos tramos de tubo conforme se profundiza. Las paredes del pozo se van revistiendo también con tubos de acero.

Para refrigerar el trépano se inyecta un líquido, denominado **lodo de perforación**, por el interior del tubo de sondeo. Este líquido retorna por el exterior de dicho tubo, por el espacio situado entre el tubo y las paredes del pozo. El lodo de perforación también cumple la función de arrastrar hasta la superficie los fragmentos de roca arrancados por la broca, y, además, evita el derrumbe de las paredes del pozo antes de que sean entubadas con los tubos de acero (tubería de revestimiento).

La **torre de perforación** típica de estos pozos, de unos 30 a 40 m de altura, se requiere para aportar la altura vertical necesaria para introducir o sacar tramos del tubo de sondeo o introducir tramos de tubería de revestimiento del pozo. Téngase en cuenta, por ejemplo, que cada vez que hay que cambiar el trépano por desgaste del mismo, hay que sacar todo el tubo de sondeo por tramos, que puede tener varios kilómetros de longitud.



La extracción

La tubería de revestimiento tiene unas perforaciones a la altura de donde se encuentra el petróleo, de forma que éste fluye hacia el pozo, del cual se extrae a través de una tubería de menor diámetro llamada **tubería de producción**. Existen diversos métodos de extracción:

- **Flujo natural:** el petróleo brota por sí solo debido a la presión ejercida por el agua y los gases existentes en el yacimiento. Se instalan en la cabeza del pozo unas válvulas para regular el caudal.
- **Extracción por bombeo:** el más común es el de *balancín*, el cual, a través de unas varillas, acciona una bomba situada en el fondo del pozo.
- **Extracción por inyección de agua:** se inyecta agua por algunos pozos para mantener o incluso aumentar la presión de la bolsa de petróleo.
- **Extracción por inyección de gas:** se inyecta en el pozo por encima del nivel del petróleo.
- **Extracción por inyección de vapor de agua:** se inyecta vapor de forma intermitente cuando el petróleo es muy viscoso, con objeto de calentarlo y reducir su viscosidad, facilitando que fluya.

El transporte

Los medios empleados para transportar el petróleo son:

- **Oleoductos:** son conductos de acero de unos 80 cm de diámetro situados en superficie o enterrados en zanjas de poca profundidad. Parten de los yacimientos o de las refinerías y acaban en los puertos de embarque o en los



grandes centros de consumo. La energía necesaria para el transporte se consigue mediante una serie de estaciones de bombeo intercaladas a lo largo de la red. Existen oleoductos del orden de 2000 km. En España destacan el oleoducto **Rota-Zaragoza** de 776 km y el **Málaga-Puertollano**, de 165 km.

- **Petroleros:** estos buques pueden tener una enorme capacidad, del orden de varios cientos de miles de toneladas. El espacio de carga está compartimentado en tanques separados por seguridad. Las salas de máquinas, bombas y camarotes están separados de la zona de carga. Los grandes petroleros permiten un transporte económico del petróleo, pero tienen el problema de que no pueden atracar en cualquier puerto. Para el transporte costero y fluvial se utilizan **buques cisterna**.
- **Ferrocarril y carretera:** se emplean vagones o camiones cisterna para llevar el petróleo a las zonas del interior donde no resulta rentable la construcción de un oleoducto.



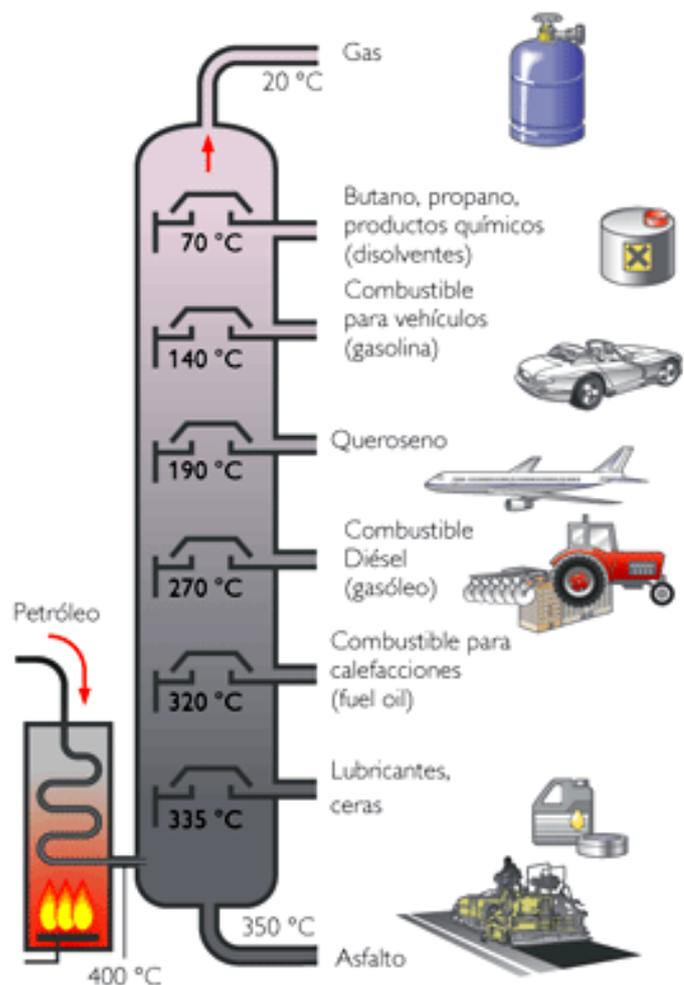
La transformación

El petróleo crudo carece de utilidad, por lo que debe someterse a un proceso denominado **refino** para separar sus componentes con aplicación industrial.

El refino se lleva a cabo en las **refinerías** y consiste en una **destilación fraccionada**, la cual se realiza en una **torre de fraccionamiento**.

El petróleo crudo se calienta en una caldera y se pasa a la base de la torre a unos 400 °C. Los gases producidos se van enfriando conforme ascienden en la torre hasta que llegan a su temperatura de condensación, licuándose en bandejas y pasando cada componente a unos depósitos separados.

En la parte superior de la torre se recogen los productos más volátiles y ligeros (gases como el butano, propano, etc), a continuación la gasolina y así sucesivamente. En el fondo de la torre quedan los productos más pesados, como los lubricantes, los aceites pesados, las ceras y los asfaltos.



Habitualmente la necesidad de algunos productos, como la gasolina, es mayor que la de otros, como los aceites lubricantes. En estos casos, se recurre al proceso denominado **cracking**, que consiste en descomponer las moléculas grandes de las fracciones más pesadas del petróleo en moléculas más pequeñas, como las de la gasolina. Este proceso se puede conseguir por calentamiento por encima de la temperatura de ebullición correspondiente (**cracking térmico**) o bien utilizando, además del calor, un catalizador (**cracking catalítico**). Este es el más usado.

Otra forma de obtener más gasolina es mediante la unión de moléculas más ligeras de hidrocarburos gaseosos (**polimerización**).

También existen **otros hidrocarburos** de los que se puede extraer petróleo, aunque en la actualidad, debido a los costosos procesos de transformación, **su explotación no es rentable**; aunque pueden ser reservas de cara al futuro. Estos hidrocarburos son:

- Los **esquistos bituminosos**: son rocas metamórficas arcillosas que, conteniendo materia orgánica e inorgánica procedentes de la flora y fauna acuática, han sufrido una transformación de la que ha surgido una materia orgánica de alto contenido en carbono (80%), llamada *querógeno*, de la que se puede extraer petróleo mediante un complejo proceso de trituración, calentamiento en horno y extracción.
- Las **arenas alquitranadas** o **bituminosas**: son afloramientos superficiales de arenas que contienen una mezcla hidrocarburos sólidos o muy viscosos que se conocen como betún o bitumen, con un 83% de carbono, del cual se puede extraer petróleo.



2.2. Los productos derivados del petróleo

Los principales productos obtenidos del petróleo son:

Combustibles líquidos

- **Gasolina**: usada principalmente en motores de explosión de automóviles
- **Queroseno**: se utiliza en aviones (su temperatura de congelación es de unos -47°C) en motores de reacción y de turbina de gas. También como disolvente y en calefacción.
- **Gas-oil**: utilizado en motores diesel de camiones, trenes, barcos, autobuses, maquinaria agrícola y de construcción, automóviles, etc.
- **Fuel-oil**: se utiliza en centrales térmicas eléctricas y en calderas y hornos industriales.

Combustibles gaseosos

Pueden ser, en función del tipo de instalación en la que se lleva a cabo su combustión:

- **Gas ciudad**: se puede obtener también del gas natural y de la destilación seca de la hulla. Tiene un poder calorífico de entre 4000 y 5500 kcal/m^3 . Se distribuía a las viviendas por redes de tuberías. Actualmente ha sido sustituido por el gas natural.
- **Gas natural y mezclas de butano y propano con aire** en la proporción adecuada. Tienen un poder calorífico de entre 10000 y 13000 kcal/m^3 .
- **Gases licuados del petróleo (GLP)**, que son el propano y el butano. Se comercializan con tres denominaciones:

- Gas butano comercial, de poder calorífico 28700 kcal/m³.
- Gas propano comercial, de poder calorífico 23000 kcal/m³.
- Gas propano metalúrgico, de poder calorífico 22500 kcal/m³.

Estos gases se comercializan en bombonas de acero y en tanques fijos recargables mediante camiones cisterna.

Otros productos

Además de los combustibles, del petróleo se derivan una gran multitud de productos de utilidad industrial:

- **Residuos ligeros**, como la *vaselina*, utilizada en lubricantes y pomadas.
- **Residuos pesados**, como la *parafina* (utilizada en impermeabilizantes, ceras, velas, etc.) o el *alquitrán* (utilizado en impermeabilizantes, fabricación de caucho sintético, asfalto de carreteras, etc).
- **Materia primas para la industria petroquímica**: plásticos, fibras sintéticas (nylon, poliéster,...), detergentes, disolventes, pinturas, resinas, adhesivos, explosivos, abonos, etc.

2.3. Inconvenientes del uso del petróleo

- **Contaminación** derivada de su combustión. Veremos luego su impacto ambiental.
- **Riesgos derivados de accidentes**, como incendios y explosiones en pozos, plataformas petrolíferas, refinерías y oleoductos, vertidos por el hundimiento de barcos petroleros con las consiguientes mareas negras, etc.



2.4. La producción y el consumo de petróleo

El petróleo constituye la fuente de energía más utilizada a nivel mundial, sobre todo en los países desarrollados, debido a las ventajas que presenta en su extracción, transporte y utilización como combustible líquido, sobre todo como carburante, y en el sector petroquímico.

Los países con mayores **reservas** probadas de petróleo, son Venezuela, Arabia Saudita, Canadá y países del golfo pérsico como Irak, Irán, Kuwait y Emiratos Árabes Unidos.

Al tratarse de reservas probadas, es decir, las que es posible extraer de manera rentable con la tecnología actual, los datos son muy variables dependiendo de la fuente que los aporte, de la evolución de los precios y de la evolución de la tecnología.

Los principales **productores** son Rusia, Arabia Saudita y Estados Unidos. En cuanto al consumo, los países más **consumidores** son Estados Unidos, China y Japón.

España es muy deficitaria en producción de petróleo. En 2014 se produjeron 305.400 toneladas, apenas un 0,5% de lo que consume, por lo que necesita importarlo.

Se estima que al ritmo actual de producción mundial, unos 83 millones de barriles diarios (un barril son unos 159 litros) según datos de 2013, habría petróleo para unos 50 años.

3. EL GAS NATURAL

Es una mezcla de hidrocarburos ligeros, entre los que destaca el metano (CH₄) con más de un 70%, pero que también integra otros gases como el etano, propano, butano, monóxido y dióxido de carbono, nitrógeno y otros. Es más ligero que el aire y su poder calorífico ronda las 11.000 kcal/m³. Actualmente es la segunda fuente de energía primaria empleada en Europa (tras el petróleo) y está en alza.

Su **origen**, como el del petróleo, es la descomposición y transformación de la materia orgánica atrapada entre estratos rocosos. Suele aparecer en los yacimientos de petróleo o encontrarse solo, ya que, debido a su estado gaseoso, puede haber migrado.

Los métodos que se utilizan para su **prospección** y **extracción** son semejantes a los del petróleo, aunque tiene la ventaja de que el gas natural tiende a subir por sí solo hacia la superficie. Una vez extraído se purifica para eliminar el agua y los productos sulfurados y para separar otros gases como el butano o el propano.

El **transporte** se puede realizar mediante:

- **Gasoductos**: son tuberías por las que circula el gas a alta presión (superior a 16 bares) hasta los lugares de consumo, donde se reduce su presión.
- **Buques cisterna**: el gas se licúa a 160 °C bajo cero para reducir su volumen 600 veces. Al llegar al puerto de destino, se almacena y, posteriormente, se regasifica y se distribuye por medios de gasoductos o tuberías de baja presión.

Las **aplicaciones** del gas natural son:

- Como combustible doméstico o industrial: se distribuye mediante una red de gas y su consumo se contabiliza con un contador.
- Como combustible en centrales termoeléctricas y sistemas de cogeneración.
- Para producción de calor en hornos y para producción de vapor en procesos industriales.
- Para la obtención de gasolina y gases de más poder calorífico como butano o propano.

3.1. La producción y el consumo de gas natural

Los países con mayores **reservas** probadas de gas natural son Irán, Rusia y Qatar. En cualquier caso, las estimaciones sufren cambios frecuentes y las cifras varían dependiendo de las fuentes que las proporcionan. También depende de que se incluyan o no como reservas los depósitos de *gas de esquisto* cuyo aprovechamiento está experimentando un amplio desarrollo.

En cuanto a **producción**, en torno al 40% de la producción mundial se produce en Estados Unidos y Rusia. En cuanto a **consumo**, los principales son Estados Unidos, la Unión Europea y Rusia, con un consumo conjunto del orden del 36% del mundial.

Con los datos disponibles hoy día, las reservas se estiman en unos 60 años. Sin embargo, el avance tecnológico está permitiendo el acceso en condiciones económicas a yacimientos de gas no convencionales que todavía no se computan como reservas probadas. De hacerlo, las reservas se duplicarían, permitiendo el abastecimiento para unos 120 años.

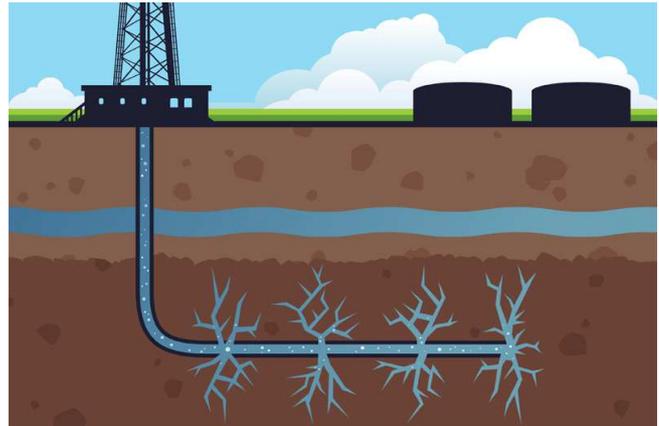
España no tiene, prácticamente, yacimientos de gas natural. Su producción no llega al 0,2% de su consumo. Los principales países de los que importamos gas son Argelia, Noruega, Nigeria, y países del Golfo Pérsico, entre otros. Aproximadamente la mitad nos llega a través de gasoducto y la otra mitad a través de Gas Natural Licuado (GNL) mediante buques metaneros.

3.2. El gas de esquisto. La fractura hidráulica horizontal.

Debido a la creciente demanda energética y al progresivo agotamiento de los yacimientos convencionales, se están realizando extracciones de gas en yacimientos de más difícil y costosa extracción. Estos yacimientos aumentan considerablemente las reservas.

El **gas de esquisto**, también llamado *gas pizarra* o *gas de lutita*, es un hidrocarburo gaseoso, formado principalmente por metano, que se encuentra en pequeños poros o grietas en rocas sedimentarias de grano muy fino, con baja porosidad y permeabilidad. Debido a estas características de la roca, el gas se encuentra en pequeña concentración, en forma de pequeñas burbujas no conectadas entre sí, haciendo difícil su extracción. Se hace necesario romper la roca para reunir el gas y que fluya hacia la superficie.

Para extraer este gas se utiliza el “**fracking**” o **fracturación hidráulica horizontal**, que consiste perforar en vertical hasta unos 5 km de profundidad y después en horizontal de 1 a 3 km. Estas perforaciones se refuerzan con tubos de acero y se recubren con cemento para proteger los acuíferos de los productos químicos que luego se añaden. A continuación se inyecta agua con arena y aditivos químicos a gran presión, dando lugar a grietas en las rocas por las que el gas puede fluir hasta la superficie a través del pozo.



El uso de la técnica del fracking suscita un intenso debate por sus posibles **repercusiones medioambientales**. Quienes se oponen subrayan el peligro de contaminar acuíferos de agua dulce tanto subterráneos (por los aditivos que se inyectan con el agua) como superficiales (por los metales pesados y elementos radiactivos arrastrados hacia arriba por el fluido de retorno), el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (metano), aumento de movimientos sísmicos en las zonas donde se practica, etc.

4. EL IMPACTO AMBIENTAL DEL USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

4.1. Sobre el suelo

Las explotaciones de carbón a cielo abierto producen un enorme **impacto visual** y destruyen una gran superficie de suelo. No obstante, estos efectos pueden eliminarse posteriormente mediante una restauración de los daños causados. También son bastante perjudiciales los **derrames de petróleo** y sus derivados en el suelo, que puede dañarlo de forma irrecuperable.



4.2. Sobre el agua

El agua empleada en el **lavado del carbón** en el exterior de las minas arrastra partículas a los ríos y al mar, afectando a la flora y fauna acuáticas.

En las **centrales térmicas**, el **agua de refrigeración** que se recoge de un río o del mar y que se devuelve al mismo a elevada temperatura altera el ecosistema, ya que el agua a mayor temperatura contiene menos oxígeno disuelto imposibilitando la vida animal y vegetal que se desarrolla en el medio acuático. Este problema se resuelve con circuitos cerrados con torres de refrigeración que aprovechen el calor en pequeñas instalaciones de tipo agrícola.

Por otra parte, los **vertidos de petróleo** en las refinerías y los que se producen en la carga y descarga de los petroleros producen un gran impacto ecológico. Por supuesto también los incendios y hundimientos de barcos petroleros y plataforma petrolíferas marinas.



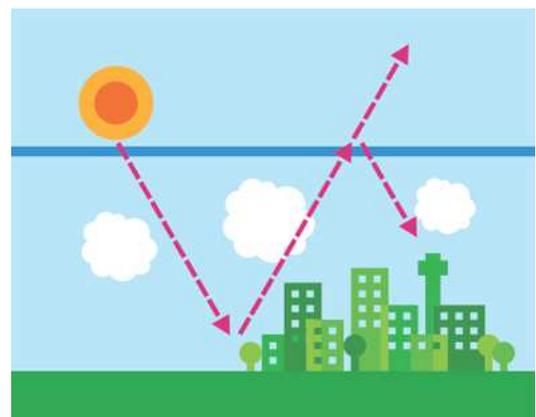
4.3. Sobre la atmósfera

En la combustión de los combustibles fósiles en general se producen gases que pasan a la atmósfera. Los principales son:

- Dióxido de carbono (CO_2): responsable del efecto invernadero
- Óxidos de azufre (SO_x) y de nitrógeno (N_xO_y): responsables de la lluvia ácida. Se producen como consecuencia de las impurezas que contienen los combustibles (sobre todo el carbón).
- Monóxido de carbono (CO): muy tóxico, que procede de la combustión incompleta de los combustibles (gasolinas y gasóleos) en los motores de los vehículos.
- Hidrocarburos no quemados y partículas sólidas en suspensión: proceden, sobre todo, de la combustión incompleta en los motores (sobre todo los diesel). Afectan negativamente al aparato respiratorio y al sistema cardiovascular.

El efecto invernadero

El dióxido de carbono es diatérmico (deja pasar fácilmente el calor) para la radiación solar que llega a la Tierra atravesando la atmósfera, pero, en cambio, absorbe la radiación infrarroja que reemite la Tierra hacia el espacio. Esto convierte al planeta en un gran invernadero, con un incremento progresivo de su temperatura media. Esto provoca alteraciones del clima y fusión progresiva de los casquetes polares, lo

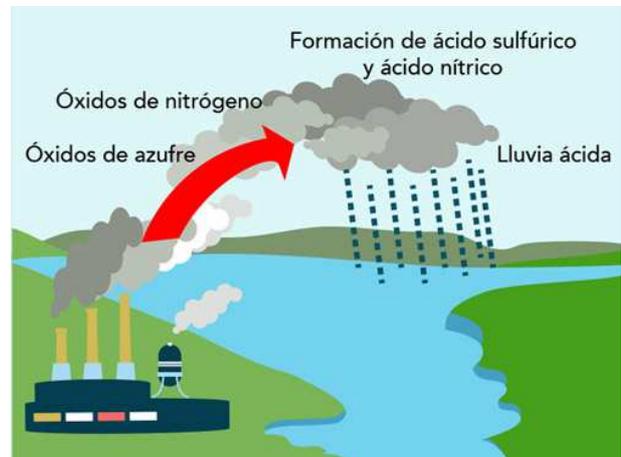


que originará subidas del nivel del mar con la consiguiente inundación de zonas costeras habitadas.

Otros gases que también provocan efecto invernadero son el metano (CH_4), el óxido nítrico (N_2O) y los compuestos fluorocarbonados (CFCs).

La lluvia ácida

Los óxidos de nitrógeno y azufre, procedentes sobre todo de la combustión del carbón en las centrales térmicas, reaccionan con el vapor de agua atmosférico formando ácidos nítrico y sulfúrico que constituyen la llamada **lluvia ácida**. Cuando la lluvia ácida cae a la tierra ataca la vegetación, contamina los ríos y lagos, ataca la piedra caliza de las edificaciones y monumentos, el hierro y otros metales, etc.



4.4. Medidas para la reducción del impacto ambiental

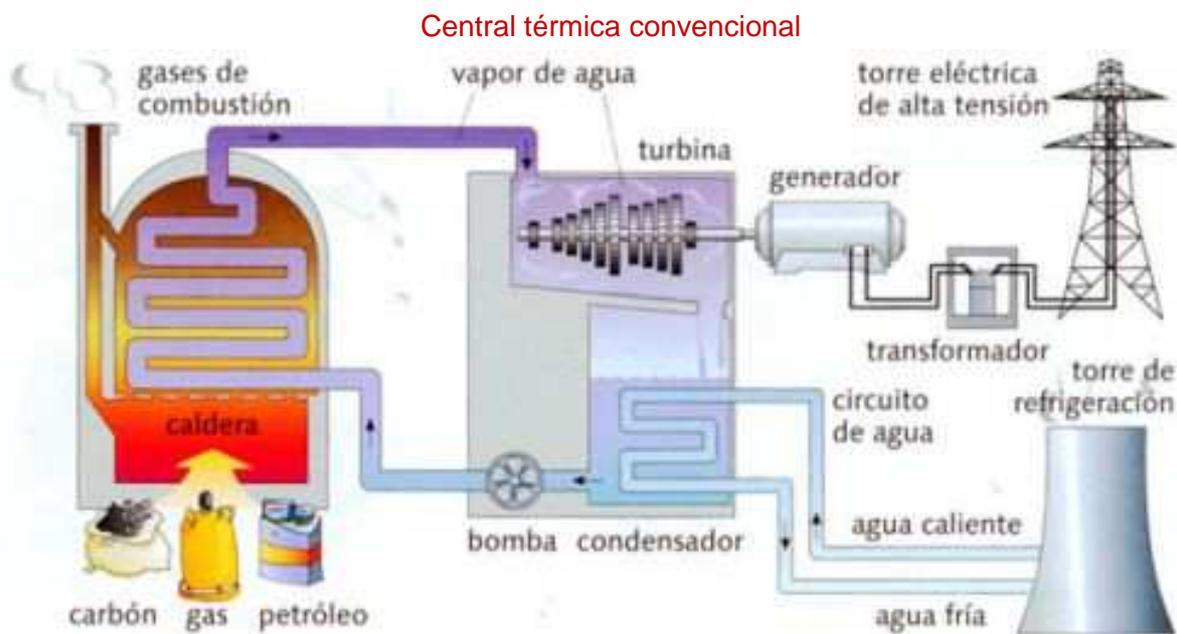
Todos estos problemas medioambientales requieren la adopción de una serie de medidas, como pueden ser:

- Uso de filtros y catalizadores en las instalaciones de combustión para limitar la emisión de gases contaminantes.
- Tratamiento adecuado del agua de refrigeración en las centrales térmicas.
- Adopción de medidas de seguridad tendentes a evitar o disminuir el riesgo de accidentes en petroleros, refinerías y oleoductos.
- Promover la sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía más limpias, como las energías renovables.
- Implantar medidas de ahorro energético (por cada kwh que ahorramos, evitamos la emisión de aproximadamente 1 kg de CO_2 en la central térmica donde se produce), como:
 - La arquitectura bioclimática,
 - La producción eléctrica mediante sistemas de cogeneración (producción y aprovechamiento simultáneo de energía térmica y eléctrica),
 - Promover la práctica de técnicas de ahorro doméstico: luces, aire acondicionado 25 °C.

- o Eficiencia energética en el transporte mediante vehículos de bajo consumo que integren sistemas de almacenamiento de energía, uso de combustibles más limpios, incorporación de catalizadores en los tubos de escape de los automóviles para reducir la emisión de gases, mantenimiento adecuado de los vehículos, etc.

5. CENTRALES TÉRMICAS CONVENCIONALES

Las centrales térmicas convencionales (no nucleares ni solares) transforman la energía calorífica procedente de la combustión de un combustible fósil (carbón, fuel-oil, gas-oil o gas natural) en energía eléctrica. Hay pequeñas diferencias entre ellas, dependiendo del tipo de combustible, en cuanto a los sistemas de almacenaje del combustible y a los quemadores utilizados en la combustión, pero en esencia son iguales.



Antes de ser quemado en la caldera, el combustible experimenta una **preparación previa**. En el caso del carbón, se tritura hasta ser convertido en polvo fino (arde más fácilmente) y se mezcla con aire precalentado. En el caso de combustibles líquidos o gaseosos, son precalentados, al igual que el aire, antes de inyectarse en la caldera.

Al arder el combustible en la **caldera** produce energía calorífica que convierte en vapor el agua que circula por un serpentín que rodea la caldera. El vapor a alta presión, una vez eliminadas las gotas de agua en un **calderín**, llega a las **turbinas**, en las que inciden sobre sus álabes. En las turbinas se distinguen tres cuerpos: de alta, de media y de baja presión. La disminución progresiva de la presión del vapor de un cuerpo a otro se compensa con un aumento del tamaño de los **álabes**, consiguiéndose el máximo aprovechamiento energético del vapor.

El giro de la turbina se transmite al rotor de un **generador eléctrico**, generando energía eléctrica cuya tensión se eleva en los **transformadores** y se transporta a través de **redes eléctricas**.

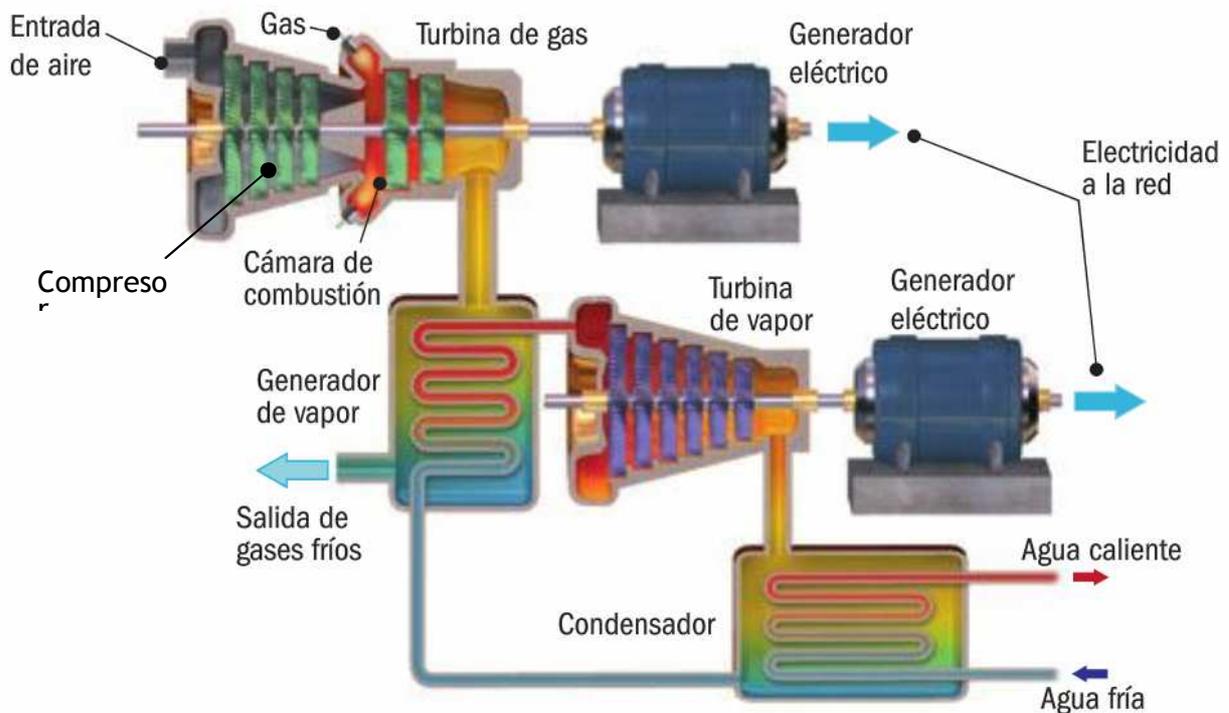
El vapor procedente de las turbinas se conduce hasta un **condensador** en el que se licúa por medio de un circuito de refrigeración que descarga el calor en el mar o en un río cercano, o bien lo transporta a una **torre de refrigeración** que descarga el calor en la atmósfera. El agua líquida obtenida se envía de nuevo a la caldera, haciéndose pasar por unos calentadores antes de reiniciar el ciclo.

El calor de los gases producidos en la combustión se utiliza para calentar el agua que se envía a la caldera y el aire de entrada. Después, antes de ser expulsados por la **chimenea**, se hacen pasar por un **precipitador** con el fin de separar la mayor parte posible de las sustancias contaminantes.

5.1. Centrales térmicas de ciclo combinado

Las centrales descritas utilizan **turbinas de vapor**. En la actualidad se están construyendo numerosas centrales térmicas denominadas de **centrales de ciclo combinado**, que pueden utilizar gas natural, gasóleo o incluso carbón preparado como combustible para alimentar una **turbina de gas**. En estas turbinas son los propios gases de combustión generados los que empujan los álabes para mover el rotor del generador eléctrico. Los gases de combustión que salen de la turbina de gas, aún a una elevada temperatura, se utilizan para producir vapor que mueve una segunda turbina, esta vez de vapor. Cada una de estas turbinas está acoplada a su propio generador eléctrico. En estos tipos de centrales se consigue un mayor rendimiento (hasta un 55 a 59%, frente a un 35 a 42% de las centrales de carbón tradicionales).

Esquema de una central térmica de ciclo combinado



5.2. Cogeneración

La cogeneración consiste en la producción conjunta de calor y electricidad. Se fundamenta en que la producción de energía eléctrica a partir de energía térmica desperdicia una buena parte de esta última que puede aprovecharse para procesos industriales que precisen una fuente de calor (por ejemplo, calentamiento de invernaderos en zonas frías. En caso de no necesitarla, las plantas industriales pueden vender la energía eléctrica sobrante a la compañía distribuidora.

