

**Estudio comparativo de los impactos
producidos por las distintas formas de
generación de energía**

La Energía Eléctrica: Importancia de su producción e impacto Medioambiental

El consumo de energía esta muy ligado al de la electricidad, aunque esta no es una fuente de energía, sino únicamente una forma de utilizarla. Su empleo en gran escala es una de las cacterísticas más importantes de la llamada II revolución industrial en el año 1873, en que se invento la dinamo, y 1883 en que se logro resolver el problema del transporte de la energía eléctrica, la producción y el consumo de este tipo de energía ha ido en constante aumento.

La producción de electricidad se ha convertido en requisito indispensable del proceso de industrialización, y esto se debe a que la energía eléctrica posee una serie de características que resultan de gran utilidad:

- Es muy regular: Su tensión es siempre la misma y se dispone de ella en cualquier momento que desee.
- Es una Energía limpia: Una vez obtenida apenas produce contaminación ambiental.
- Es fácil de transportar: Se puede hacer llegar en un tiempo mínimo a cualquier punto sin perdidas apreciables, siempre que el transporte se realice a alta tensión.
- Es fácil de transformar en otros tipos de energía: (mecánica, calorífica, química, etc.) Los motores eléctricos accionan los medios de transporte,... Los distintos sistemas de alumbrado son también de tipo eléctrico.

La energía eléctrica presenta el gran inconveniente de la imposibilidad de su almacenamiento: ello ocasiona grandes problemas y aumenta considerablemente los costos.

La utilización de la electricidad, además de transformar algunos sectores, como los del transporte y comunicaciones, resulta indispensable en la moderna tecnología de las industrias química y metalúrgica, por ejemplo, y el consumo de energía eléctrica aumenta de forma considerable a medida que se eleva el nivel de vida medio de la población.

Además de por hilos o cables, se puede transportar mediante ondas electromagnéticas. Aunque la energía transmitida sea débil. Así se transmiten la palabra, la imagen y las señales de mando para accionamiento de mecanismos.

La obtención de energía en instalaciones especiales que reciben el nombre de centrales eléctricas, y que pueden ser de distintos tipos:

Tipo de Central	Energía Primaria que Transforma
Térmica	Energía procedente de la combustión de carbón, fuel o gas natural.
Nuclear	Energía procedente de reacciones de fisión nuclear.
Hidroeléctrica	Energía potencial del agua.
Solar (Fotovoltaica o térmica)	Energía del sol
Eólica	Energía del viento
Geomotriz	Calor de la tierra
Biomasa	Energía de la materia orgánica.

Estas centrales constan, por lo general, de grandes turbinas movidas por agua, las cuales hacen, a su vez girar a un alternador, en el que se origina la corriente eléctrica.

La energía eléctrica obtenida en estas centrales se transporta mediante cables de cobre o de aluminio a tensiones muy elevadas hasta las subestaciones, que suelen encontrarse situadas en las cercanías de las ciudades. De esta manera se consigue minimizar las pérdidas de energía en forma de calor; pero ocasionan un impacto ambiental que luego veremos.

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La energía eléctrica es una energía limpia pero solo en lo que respecta a su utilización. En cambio su producción y transporte pueden acarrear importantes consecuencias negativas sobre el entorno medioambiental. Entre los problemas medioambientales que plantea el transporte de la energía eléctrica por medio de líneas de alta tensión, se pueden citar los siguientes:

- Impacto estético de las torres y cables que integran la línea.
- Peligro que suponen dichas redes eléctricas, en caso de encontrarse en las proximidades de zonas habitadas. El terreno situado debajo de las líneas de transporte resulta prácticamente inaprovechable.

Centrales Térmicas: Utilizan como combustible carbón, fuel o gas, cuya combustión afecta de diversas maneras al medio ambiente.

En el caso del **carbón**, las operaciones de extracción de carbón en la superficie, en las llamadas minas a cielo abierto, utilizan palas mecánicas para retirar la tierra y las rocas que hay por encima del carbón, perturbando el paisaje natural. Sin embargo, las nuevas medidas de protección del suelo existentes en algunos países exigen que las compañías mineras devuelvan al paisaje un aspecto similar al que tenían en un principio. Cuando el carbón tiene un mayor poder calorífico hay que quemar menos cantidad de carbón para producir la misma energía, y hay que movilizar menos materia, por lo que disminuyen los residuos. Podemos acoplar el proceso de obtención de energía con otro proceso que necesite calor, y así no se desperdicia calor, sino que se aprovecha. A esto se le llama COGENERACIÓN y supone un aumento del rendimiento en la producción de energía, un uso más eficiente, y por tanto, supone menos contaminación.

En la central, el carbón debe ser almacenado, y pueden existir problemas de contaminación y de pérdida de material debido a la acción del viento que puede dispersarlo.

Uno de los impactos que produce es que se genera un tipo de residuo sólido, que son las cenizas, que tenemos que separar y gestionar; su generación es proporcional al contenido en ceniza del combustible inicial. Primero se evita que se lancen a la atmósfera y luego se gestionan. Para ello se almacenan en depósitos, se enfrían con agua y entonces se pueden llevar a un vertedero controlado o usarse como materia prima para la fabricación de cemento.

También se producen escorias, son sólidos de gran tamaño, que se separan por abajo por sedimentación y su destino final es el vertedero.

El agua caliente de la caldera llega al condensador, y las aguas naturales se llevan el calor, esto supone una contaminación térmica más o menos importante. En toda central térmica (de carbón, fuel, gas o nuclear) hay una parte de la energía que, de acuerdo con la termodinámica, no se transforma en electricidad sino que se elimina en forma de calor residual. Este calor residual, si no se aprovecha de otro modo, se disipa en el agua de refrigeración del condensador. Cuando esta agua vuelve a su cauce original (río, lago o mar) puede producir un enriquecimiento térmico de este sumidero. Dependiendo de las circunstancias tal enriquecimiento podría dar lugar a alteraciones ecológicas al aumentar la temperatura del agua, pudiendo tener efectos

beneficiosos, indiferentes o perjudiciales, según los casos. Fuera de las ocasiones en que el aumento de temperatura sea deseable, la reglamentación prohíbe que dicho aumento exceda de una cierta cantidad, por debajo de la cual no hay alteración ecológica. Esta limitación del aumento de temperatura del agua se consigue diluyendo el agua del condensador con suficiente líquido del sumidero último o recurriendo al uso de torres de refrigeración.

Otros impactos que produce la combustión del carbón son: residuos de lubricantes procedentes de las muchas bombas que hay en la central; líquidos de PCB's usados en la transformación de la energía eléctrica, que son residuos peligrosos que hay que gestionar; impacto acústico de las bombas y ventiladores, que se minimiza con cámaras de aislamiento, pantallas vegetales, ...; impacto sobre el paisaje.

Existe un tipo de **producción limpia** de energía eléctrica **a partir del carbón**, mediante tecnología de Gasificación Integrada de Ciclo Combinado (GICC). Mediante esta tecnología se purifica el combustible, que es una mezcla de carbón y coque de petróleo, y se consigue que las emisiones de SO₂, NO_x y partículas sean mínimas. Los inertes en la mezcla se funden, forman un lecho de escoria vitrificada inerte. Parte de la escoria sube con el gas y forma una ceniza volante; para ello se realiza filtrado y lavado: se pulveriza agua contracorriente para disolverla.

El azufre eliminado del combustible se recupera y se transforma en azufre elemental que puede incluso comercializarse.

En estas centrales existen controles de las emisiones y de calidad ambiental, medidas correctivas y controles continuos de emisiones y de inmisiones; se realiza una minimización de los residuos líquidos e industriales; y los subproductos generados se usan para fabricar cemento, adoquines,... en caso de las cenizas volantes y las escorias; para fertilizantes o plaguicidas en caso del azufre elemental; y los residuos como aceites, lubricantes, etc se almacenan en un depósito de seguridad. Para disminuir los niveles sonoros se realizan campañas de medida de los niveles sonoros y se instalan pantallas. Un ejemplo de estas centrales es ELCOGAS.

Vemos que esta segunda forma de producción de energía a partir del carbón es mucho más limpia: se minimizan los residuos y los impactos, y se generan subproductos que pueden ser aprovechados.

Petróleo y gas natural:

En sus orígenes, la **industria petrolera** generaba una contaminación medioambiental considerable. A lo largo de los años, bajo la doble influencia de los avances tecnológicos y el endurecimiento de las normas, se ha ido haciendo mucho más limpia. Los vertidos de las refinerías han disminuido mucho y aunque se siguen produciendo explosiones en los pozos, son relativamente infrecuentes gracias a las mejoras tecnológicas. Sin embargo, resulta más difícil vigilar la situación en los mares. Los petroleros oceánicos siguen siendo una fuente importante de vertidos de petróleo debido a las pérdidas en la manipulación y el transporte: alrededor de 4 millones de toneladas se vierten al medio marino anualmente, de los cuales el 10% son debidas accidentes y el resto son intencionadas desde tierra (50%) o por limpieza y trasiegos (20%).

El **gas natural** es mucho más limpio que el petróleo. La composición química del gas natural es la razón de su amplia aceptación como el más limpio de los combustibles fósiles. En efecto, la mayor relación hidrógeno / carbono en la composición del gas natural, en comparación con la de otros combustibles fósiles, hace que en su combustión se emita menos CO₂ por unidad de energía producida. Por tratarse de un gas, su mezcla con aire y posterior combustión es más fácil que con otros combustibles fósiles y la ausencia de partículas y compuestos corrosivos de azufre, facilitan la recuperación del calor residual y, por tanto, las eficacias de su utilización. Además, las reservas de gas natural son abundantes, y su transporte y distribución mediante tuberías enterradas hacen que su impacto sobre el paisaje sea mínimo. Como es gaseoso a temperatura ambiente, no contamina los ríos y los océanos. Por su rendimiento y baja emisión de contaminantes, el gas natural es especialmente apropiado para la generación de electricidad y cogeneración, uso de calderas y

hornos industriales, automoción, climatización y otros usos en los sectores comercial y doméstico.

El gas natural es un combustible que tiene un impacto medioambiental mínimo comparado con el resto de los combustibles fósiles y cuya utilización contribuye a reducir la emisión de gases de efecto invernadero. En el futuro, se perfilan centrales de ciclo combinado de gas natural para producir energía eléctrica.

Aun así, petróleo y gas natural contribuyen al calentamiento global del planeta por CO₂ y CH₄, y en general todos los combustibles fósiles, pero el tema del efecto invernadero se tratará después.

Otra fuente de contaminación relacionada con la industria petrolera es el azufre que contiene el crudo. Las reglamentaciones de los gobiernos nacionales y locales restringen la cantidad de dióxido de azufre que pueden emitir las fábricas y centrales térmicas. Sin embargo, como la eliminación del azufre resulta cara, las normas todavía permiten que se emita a la atmósfera algo de dióxido de azufre. De igual manera pasa con los gases NO_x y hay que decir que los combustibles fósiles en general son la principal causa de emisiones de estos gases generadores de lluvia ácida. En este caso, los derivados petrolíferos generan entre 2 y 5 veces menos de estos gases que el carbón, aunque más que el gas natural. El problema del petróleo es que en su mayoría se quema en coches, y de este modo se emiten más SO₂, etc. El gas natural es el que menos NO_x genera, y el carbón el que más.

Otro impacto importante de estos combustibles es la contaminación del aire por emisión de cenizas, polvo y VOC's. En el caso del gas natural casi no existen, pero sí en caso del petróleo, sobre todo son muy considerables en automoción.

La producción de aguas residuales y residuos sólidos son despreciables en el gas natural, pero siguen siendo considerables en el caso del petróleo y sus derivados.

En conclusión, los problemas ambientales con el uso del gas natural son menores que con el petróleo, y son resolubles con la tecnología adecuada (que es cara), excepto en lo que se refiere a las emisiones de CO₂. Además, petróleo y gas natural se seguirán usando como principal fuente de energía pero después serán sustituidos.

Además de la combustión directa con fines comerciales, los combustibles fósiles son quemados para generar la mayor parte de la energía eléctrica del mundo. Las plantas alimentadas con carbón producen el 37% de la energía eléctrica mundial, mientras el petróleo y el gas natural generan entre los dos el 25%. No obstante, desde finales de la década de 1970, la proporción total de electricidad generada por combustibles fósiles ha descendido en todo el mundo, del 71 al 62%. En 1996, el 38% restante de la electricidad fue generado por una combinación de fisión nuclear (17%), energía hidroeléctrica (19%), y energía solar, geotérmica y de otros tipos (2%).

- Productos y residuos volátiles que se difunden en la atmósfera debido a las anteriores **combustiones** son principalmente dióxido de carbono, vapor de agua, óxido de azufre y de nitrógeno, aunque también se produce algo de monóxido de carbono. Esos contaminantes son la causa de una serie efectos perjudiciales, entre los que se pueden citar los siguientes:

1)Efecto invernadero. Aunque parte del dióxido de carbono producido en las centrales térmicas lo utilizan las plantas en el proceso de fotosíntesis y la otra parte se disuelve en el agua de los mares y océanos, el dióxido de carbono restante se acumula en la atmósfera aumentando su producción progresivamente en el transcurso de los años. El dióxido de carbono permite el paso de la radiación infrarroja que reemite la tierra hacia el espacio. De esta forma, se conserva más eficazmente el calor del sol, lo que se puede traducir en alteraciones climáticas importantes. Por ejemplo, si la temperatura aumentara suficientemente, podrían llegar a fundirse los polos. Las energías nuclear, eólica e hidráulica no producen este efecto. Aunque es extremadamente difícil atribuir los cambios globales de temperatura a la combustión de los combustibles fósiles, algunos países están trabajando de manera

conjunta para reducir las emisiones de dióxido de carbono procedentes de estos combustibles.

2) Lluvia ácida. Los óxidos de nitrógeno y de azufre, procedentes de las impurezas que acompañan al carbón y al petróleo y que se desprenden en las centrales térmicas, que constituyen la llamada lluvia ácida, de efectos sumamente perniciosos para la vegetación. El poder contaminante de una central térmica está relacionado con el contenido en azufre del combustible. En el caso del carbón (1% de azufre, aunque puede ser muy variable según el tipo de carbón), tiene un poder contaminante muy elevado. Algunos países cuentan con leyes medioambientales que exigen el uso de equipos que reduzcan la contaminación, como los depuradores de aire. Son aparatos instalados en el interior de las chimeneas de las plantas que queman carbón, que separan los vapores de dióxido de azufre y otros compuestos antes de que estas sustancias contaminantes entren en la atmósfera. Las energías que no proceden de la combustión de combustibles fósiles no producen este efecto.

3) Contaminación del agua de los ríos y lagos, lo que afecta tanto la vida acuática como a la potabilidad del agua de consumo. Esto se produce porque, en caso de centrales térmicas que usan carbón, el agua que se usa debe someterse a depuración; y además, para evitar la corrosión del agua ultrapura se añaden productos químicos, como amoníaco, hidracina, polifosfatos, etc.

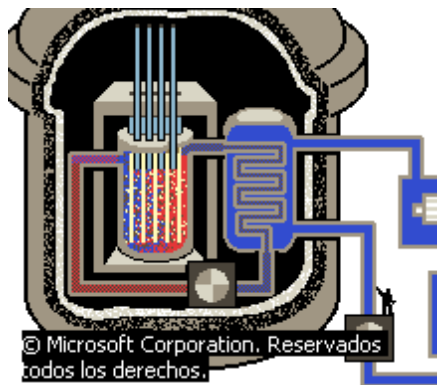
4) Cenizas: La combustión de combustibles fósiles produce unas partículas sólidas no quemadas llamadas cenizas. Las plantas que queman carbón emiten grandes cantidades de cenizas a la atmósfera. Sin embargo, las regulaciones actuales existentes en muchos países exigen que las emisiones que contengan cenizas sean limpiadas o que las partículas sean controladas de otra manera para reducir esa fuente de contaminación atmosférica. Aunque el petróleo y el gas natural generan menos cenizas que el carbón, la contaminación del aire producida por las cenizas del combustible de los automóviles puede ser un problema en ciudades en las que se concentra un gran número de vehículos de gasolina y diesel.

5) Destrucción del manto fértil del suelo y de gran parte de los bosques. Este es un grave problema que afecta sobremanera a las naciones más industrializadas.

Industria nucleoelectrica:

La energía nucleoelectrica, aporta el 17% de la generación total en el mundo y se estima que el consumo mundial de electricidad puede aumentar al 75% en el 2020 y triplicarse en el 2050, el problema es de dónde provendrá la satisfacción de esa demanda. Un nuevo hecho que revalorizó la generación eléctrica por vías de la fisión nuclear es la situación del medio ambiente y los cambios climáticos que están ocurriendo en el planeta. Los esfuerzos para disminuir el efecto invernadero conducen a la disminución del uso de combustibles fósiles y en consecuencia la posibilidad de suplantarlos con energía nucleoelectrica como parte de la solución del problema.

Una central nuclear obtiene su energía de la fisión del átomo de uranio. Esto significa que una central de este tipo **no** envía a la atmósfera óxidos de carbono, de azufre, de nitrógeno, ni otros productos de combustión, tales como las cenizas.



Esquema de un reactor nuclear.

La extracción de uranio no presenta, en principio, unas características ambientales muy diferentes respecto a otras minerías metálicas. Por lo que se refiere a la radiactividad, ésta no se encuentra a niveles muy superiores a los existentes en numerosas zonas naturales.

Clasificación de los residuos radiactivos:

–

Para clasificar los residuos radiactivos se puede atender a diversos criterios, tales como su estado físico (sólidos, líquidos y gaseosos), tipo de radiación emitida (alfa, beta, gamma), contenido en radiactividad, periodo de semidesintegración de los radionucleidos que contiene, generación de calor, etc.

Desde el punto de vista de su gestión, en España actualmente, los residuos radiactivos se clasifican en:

a) Residuos de baja y media actividad.

- Tienen actividad específica baja por elemento radiactivo
- No generan calor
- Contienen radionucleidos emisores beta–gamma con periodos de semidesintegración inferiores a 30 años, lo que quiere decir que reducen su actividad a menos de la milésima parte en un periodo máximo de 300 años
- Su contenido en emisores alfa debe ser inferior a 0,37 Gbq/t.

b) Residuos de alta actividad

- Los radionucleidos contenidos en los residuos de alta actividad tienen un periodo de semidesintegración superior a 30 años.
- Contienen radionucleidos emisores alfa de vida larga en concentraciones apreciables por encima 0,37 Gbq/t
- Generalmente desprenden calor.

Residuos de baja y media actividad:

La seguridad del transporte se basa en el concepto de bulto, siendo éste el conjunto formado por el material radiactivo a transportar y el embalaje que lo confina. El grado de resistencia de este embalaje es proporcional a la actividad radiactiva que contiene y a la forma físico–química de las sustancias transportadas, atendiendo a su capacidad de dispersión. La seguridad se refuerza mediante el diseño de vehículos especialmente acondicionadas.

En el caso de los residuos de baja y media actividad, el paquete (denominado bulto) es un bidón metálico que contiene los residuos, generalmente inmovilizados en cemento.

Estos residuos sólo es necesario confinarlos como máximo 250–300 años. La estrategia seguida para su tratamiento es el almacenamiento definitivo.

La tecnología normalmente empleada consiste en construir, en torno a los residuos, un sistema de barreras de ingeniería, ubicadas en el interior, o sobre una formación geológica estable, a la vez que adecuada para actuar como barrera en el caso de fallo de las artificiales.

En España está en funcionamiento, desde 1992, el almacenamiento de El Cabril, en Hornachuelos (Córdoba), para este tipo de residuos, construido con la tecnología francesa de barreras múltiples.

Los residuos de baja y media actividad procedentes de las centrales nucleares llegan a El Cabril acondicionados en bidones metálicos de 220 litros. Estos bidones son introducidos en contenedores de hormigón armado de forma cúbica de 2 metros de lado, inmovilizándolos mediante una lechada de cemento. Los contenedores, cuando el cemento de relleno ha fraguado, se llevan a su destino definitivo, una celda de hormigón armado con capacidad para 320 contenedores, la cual una vez llena, se sella y se cubre con una losa de hormigón armado. Cuando todas las celdas estén completas se cubrirán con sucesivas capas de arcilla y grava, siendo la capa exterior de tierra vegetal para plantar arbustos, con el fin de que la instalación quede integrada paisajísticamente en la zona. Se tomó conciencia de las ventajas que suponía la reducción de la producción de RBMA, y se pusieron en práctica una serie de mejoras en la gestión de residuos, lo que permitió rebajar su producción. Se obtiene de esta forma un beneficio para el Sistema, dado el ahorro en la gestión de los residuos, al evitarse el transporte de los bultos, así como su acondicionamiento y almacenamiento en El Cabril. Las actuaciones se encaminaron fundamentalmente a la reordenación de drenajes para evitar entradas de fluidos no activos al sistema de tratamiento de residuos, al acondicionamiento de los concentrados de evaporador dentro de los bultos de resinas como sustitutivo del agua de acompañamiento, y a la intensificación de prácticas de segregación de residuos. Además se consiguió una mayor reducción en la producción de bultos de concentrados y lodos, vía desecación y acometiendo proyectos de segregación, descontaminación y desclasificación; consiguiéndose así una importante reducción del volumen.

El número de celdas existentes en El Cabril es de 28 (en dos plataformas), están construidas sobre el terreno en una formación geológica constituida por pizarras arcillosas.

Los residuos procedentes de instalaciones radiactivas (pequeños productores) llegan a El Cabril sin acondicionar, operación que se realiza en las instalaciones allí existentes, procediéndose a partir de esta operación de la misma manera que con los residuos que tenían su origen en las centrales nucleares.

El confinamiento que se produce con este sistema es suficiente para que el impacto radiológico sea prácticamente nulo. En el caso improbable de una situación accidental no prevista, en que haya degradación de estas barreras, el objetivo de seguridad es que el impacto radiológico sea en cualquier caso inferior al fondo natural. A este respecto conviene recordar que un 70 % de los residuos de baja actividad alcanza la inocuidad en unos decenios.

Residuos de alta actividad:

En términos generales, cuando se saca del reactor, el combustible nuclear gastado posee una actividad 800 millones de veces mayor que la que tenía al entrar, cuando era solo uranio. Su alta actividad obliga a aislarlo inmediatamente, por lo que se maneja siempre dentro de sistemas con blindaje biológico que atenúe la radiación hasta niveles admisibles por la legislación.

A corto plazo, lo primero que se hace con el combustible gastado es depositarlo en la piscina de almacenamiento de la propia central, a la que llega por un canal de transferencia. En las piscinas el agua que hay por encima del elemento sirve de blindaje biológico y además elimina el calor que se desprende de todo material con alta actividad.

El combustible gastado, tras unos años de estancia en la piscina de la central, se puede considerar como residuo radiactivo (ciclo abierto), en cuyo caso se ha de proceder a su gestión definitiva en su conjunto, o se considera como un producto del cual se pueden recuperar el uranio y el plutonio que contienen, para su aprovechamiento energético posterior (ciclo cerrado).

El proceso que se lleva a cabo en el segundo caso se denomina reproceso, en el cual, tras separar el uranio y el plutonio no quemados, quedan como residuos los productos de fisión y actínidos no recuperados. Se consigue así disminuir el volumen de residuos. El uranio y el plutonio separados se reciclan en las fábricas de combustible como material fisionable, cerrando así el ciclo del combustible nuclear. Los residuos (tras unos años de enfriamiento) son solidificados por vitrificación, encapsulándolos en cilindros de acero inoxidable, constituyendo los únicos residuos de alta radiactividad que se derivan del ciclo del combustible nuclear. Tras el necesario almacenamiento temporal del combustible gastado, en el reproceso se desenvainan las pastillas de uranio contenidas en las varillas del combustible gastado. Las pastillas se disuelven con una mezcla de ácido y agua, la disolución líquida resultante se trata con disolventes capaces de extraer el uranio aislado por un lado y el plutonio por otro, quedándose en la disolución ácida acuosa los productos de fisión. Por tanto, la disolución acuosa contiene la mayor parte de la radiactividad artificial contenida en el combustible gastado, es un residuo líquido de alta actividad que se guarda en depósitos hasta que pasa al proceso de conversión a sólidos por vitrificación para fijar la radiactividad en un producto sólido insoluble. El producto final que queda es una cápsula hermética de acero inoxidable en cuyo interior está el vidrio conteniendo la radiactividad que había en el combustible, siendo este paquete el residuo de alta actividad.

Política que se sigue en España con el combustible gastado:

Aunque no se cierra la posibilidad del reprocesado en el extranjero, en el referido PGRR se contempla que el combustible gastado, una vez sacado del reactor, pasa a ser considerado residuo radiactivo de alta actividad, el cual tras su estancia en la piscina de la propia central nuclear se depositará en un almacén centralizado, aunque no se descarta la posibilidad de construir varias de estas instalaciones.

La decisión sobre el tratamiento definitivo que se ha de dar al combustible gastado la tomará el Gobierno en el año 2010, apoyándose en la investigación que se está llevando a cabo y que se centra en la Separación y Transmutación (ST) y en el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP).

También se generan en estas centrales residuos tóxicos y peligrosos; éstos no tienen un tiempo de semidesintegración, sino que serán peligrosos siempre.

Puede existir además contaminación del refrigerante por distintas causas: roturas del envainado; contaminación superficial del envainamiento durante el proceso de fabricación; difusión a través de la vaina; o reacciones neutrónicas de formación de los productos de activación.

Se debe realizar igualmente un tratamiento de las corrientes líquidas: concentrados y solidificación / desecación; y de las corrientes gaseosas: distinto tratamiento para reactores de agua en ebullición (BWR), y reactores de agua a presión (PWR).

Residuos producidos en el desmantelamiento de las centrales nucleares:

Cuando tiene lugar la parada definitiva de una central nuclear se procede, en el plazo más breve posible, a la retirada de la central de todo el combustible gastado que hay en ella, tanto en el núcleo del reactor como

almacenado en sus piscinas.

En el caso de los reactores de agua ligera, se procede a continuación a tratar el agua de refrigeración y otros líquidos contaminados, concentrándolos y solidificándolos con cemento, obteniendo residuos sólidos de baja o de media actividad que se retiran de la central.

También se retiran todos los residuos sólidos de baja y media actividad que hubiera almacenados en la central en espera de su envío al almacenamiento definitivo.

A continuación tendrán lugar dos procesos diferentes, pero relacionados entre sí, que son la descontaminación y el desmantelamiento.

La descontaminación engloba todas las operaciones de limpieza para remover los pequeños depósitos de residuos radiactivos que pueden estar fijos en las superficies de la vasija, de los tubos, en bombas, circuitos, equipos, suelos, etc.

El desmantelamiento es el desmontaje y demolición de estructuras, tuberías y componentes, de hormigón o metálicos, que están contaminados internamente y su tratamiento como residuos radiactivos.

Los puntos más delicados del desmantelamiento son: el interior del cajón (reactor); las piscinas donde se almacena el combustible gastado; y el medio de transporte del combustible (tuberías, etc).

Existe siempre una política de reciclaje: reciclaje convencional, vertedero convencional, reciclaje in situ de materiales convencionales; y reciclaje ciclonuclear, si es posible, y si no lo es, se lleva al Cabril. El 85 % del total de una central nuclear nunca llega a ser radiactivo ni se contamina y son residuos y escombros convencionales.

La problemática del desmantelamiento en España es que es una obra compleja y pionera con el desmantelamiento de la Central de Vandellós I. Existe un plan de Protección Radiológica operativa, donde se vigila el trabajo que se va realizando.

La posibilidad de reducir la **dependencia mundial de los combustibles fósiles** plantea problemas. Existen energías alternativas como la energía nuclear, la energía hidráulica, la energía solar, la energía eólica y la energía geotérmica, pero en la actualidad el conjunto de esas fuentes de energía sólo alcanza el 14% del consumo mundial de energía. Hasta la fecha, la utilización de energías alternativas se ha visto frenada por dificultades tecnológicas y medioambientales. Por ejemplo, aunque el uranio que se utiliza en la fisión nuclear es abundante, el riesgo de accidentes nucleares y las dificultades asociadas con el almacenamiento de los residuos radiactivos, han provocado el declive de la energía nuclear. En cambio, las energías solar y eólica parecen seguras desde un punto de vista medioambiental, pero son poco fiables como fuentes de energía estables. Como el consumo global de energía crece cada año, el desarrollo de ciertas fuentes alternativas de energía se hace cada vez más importante.

Nuestro planeta recibe del sol un flujo constante de energía que es el causante directo o indirecto, juntos con los campos gravitatorios lunar y terrestre, de todas las otras fuentes de energías renovables. Para aprovecharlas, tenemos la tecnología adecuada, pero falta desarrollar su uso y comercialización para que resulten rentables y, por tanto competitivas con respecto a las fuentes tradicionales; hasta ahora han sido marginadas por necesitar una inversión inicial fuerte. En nuestro país debido a sus condiciones geográficas y climáticas, tienen una buena perspectiva de desarrollo.

Las Energías Renovables:

Las fuentes de energías renovables se pueden definir como aquellas fuentes que de forma periódica se ponen a

disposición del hombre y que éste es capaz de aprovechar y transformar en energía útil para satisfacer sus necesidades, es decir, se renuevan de forma continua en contraposición con los combustibles fósiles como petróleo, carbón, gas y uranio, de los que existen unas determinadas cantidades disponibles agotables en un plazo más o menos largo.

Las energías regenerativas son una fuente de abastecimiento inagotable, ya que en su origen proceden en su mayoría del Sol. Esto no significa que las energías renovables deban asociarse al aprovechamiento directo de la energía solar; sino que el Sol produce una serie de fenómenos naturales que, a su vez, dan origen a los recursos en los que se basan los diferentes tipos de reservas de las mismas. No solo la alarma medioambiental ha conseguido que se tenga en cuenta a las energías renovables como una alternativa al suministro energético, sino también la preocupación por una independencia energética y la escasez de recursos fósiles han sido los grandes precursores. Se están dando pasos importantes para preparar el terreno, la educación y la información.

La demanda de energía crece de manera imparable. En los últimos treinta años su consumo se ha duplicado, lo cual ha traído consigo el aumento de emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera y el previsible agotamiento de las fuentes tradicionales de energía: los combustibles fósiles. Según algunas estimaciones, nos quedaría petróleo barato y gas para cincuenta años y carbón para varios cientos.

Existen, sin embargo, otras fuentes de energía limpias y renovables; veamos hasta que punto conviene su utilización.

Utilización de la Biomasa:

El uso de la biomasa como fuente de energía es muy complejo; existen muchas tecnologías y muchas aplicaciones. De la biomasa se obtienen calor, electricidad, biocarburantes como biodiesel y bioetanol para el transporte, distintos plásticos, resinas,..., es decir, productos más o menos desarrollados.

La biomasa abarca muchos materiales y muy diversos, que pueden ser residuos forestales, agrícolas, agroindustriales y urbanos, también ganaderos, y cultivos energéticos.

En España sólo es razonable contemplar el aprovechamiento energético de los desechos de las explotaciones forestales (leña, ramaje, follaje, etc.), así como de los residuos de la madera; aunque también están apareciendo aprovechamientos de los residuos agrícolas.

Cultivos energéticos: Consiste en cultivar vegetales para la posibilidad del aprovechamiento de cultivos energéticos. Esta opción no es muy rentable. Es muy discutida la conveniencia de los cultivos o plantaciones con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en si mismos, sino también por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios, (madera, etc.) Las dudas aumentan en el caso de las regiones templadas, donde la asimilación fotosintética es inferior a la que se produce en zonas tropicales.

No obstante, el problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos no se plantearía en el caso de otro tipo de cultivo energético: los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético sería el jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y por año). Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas (micrófitos), que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo. Así, el alga unicelular *Botryococcus braunii*, en relación a su peso produce directamente importantes cantidades de hidrocarburos.

Desde el punto de vista medioambiental, si cultivamos biomasa estamos fijando CO₂ (sumidero), y además, cuando se consume, evitamos la ruta alternativa que llevaría a aumentar el efecto invernadero.

Por combustión directa o por gasificación se pueden obtener energía eléctrica o térmica, con la consiguiente generación de CO₂ y cenizas. Mediante la digestión anaerobia se produce biogás, que puede ser usado como combustible, en lugar de otros combustibles fósiles. Ocurre igual con los aceites vegetales y los biocarburantes. Hay que centrarse en conseguir más biomasa y más concentrada que en desarrollar nuevas tecnologías. Su impacto medioambiental es mínimo en el caso de los cultivos para producción de biomasa. Si bien su combustión emite CO₂, durante el crecimiento de la planta ésta absorbe, con lo que el balance global de emisión es cero.

El interés medioambiental de la biomasa reside en que, siempre que se obtenga de una forma renovable y sostenible, es decir que el consumo no vaya a más velocidad que la capacidad del bosque, la tierra, etc. para regenerarse, es la única fuente de energía que aporta un balance de CO₂ favorable, de manera que la materia orgánica es capaz de retener durante su crecimiento más CO₂ del que se libera en su combustión.

En cuanto al **aprovechamiento de los residuos agrícolas**, se realizan tratamientos a los subproductos del olivar, en especial del orujo de aceituna, y a través de diferentes procedimientos se obtienen diversos productos, tales como aceite de oliva, aceite de orujo, pienso para el ganado, abono orgánico y otros. Usando disolventes orgánicos se consiguen extraer la grasa contenida en el orujo. El residuo resultante, orujillo, se ha destinado tradicionalmente al aprovechamiento energético. Este proceso ha evolucionado tecnológicamente. Un ejemplo es OLEÍCOLA EL TEJAR, que aprovecha toda la biomasa resultante del olivar, en primer lugar el alperujo porque además se resuelve un gran problema ecológico al eliminar el alpechín transformándolo en fuelle de energía renovable, pero también porque se utiliza de forma rentable la grandísima cantidad de biomasa resultante de las labores de poda del olivar. Las cenizas inertes que se generan no resultan un grave problema en principio porque se pueden aprovechar, a veces, en la industria cementera y como abonos potásicos.

Se incluye en esta parte la **conversión energética de los residuos sólidos urbanos (RSU)**, de los cuales el 57% es materia orgánica. Los problemas de la transformación energética de los RSU son:

- Heterogeneidad en tamaño y composición, que incluso depende de factores temporales.

- Bajo poder calorífico por unidad de peso o volumen, y por lo tanto debemos transportar mucha cantidad de residuos; esto conlleva contaminación. Por medio de la separación seleccionamos los que tienen alto poder calorífico y vamos incrementando la fracción orgánica.

La reacción de combustión transcurre mediante un mecanismo complejo de radicales libres. La temperatura del proceso, la turbulencia y el tiempo de residencia necesario para que la reacción ocurra deben estar ajustados.

La emisión de contaminantes viene determinada por los productos finales de estas transformaciones: moléculas sencillas(NO, CO), y moléculas complejas(dioxinas y furanos). Durante la combustión se generan radicales libres que provienen de la rotura de moléculas sencillas: O₂, N₂, H₂O. También se generan radicales procedentes de la ruptura de moléculas complejas: polímeros orgánicos. Los radicales formados se recombinan para dar los productos finales. A mayor temperatura, la estabilidad es menor, los radicales son de menor tamaño. La formación de algunos productos tóxicos está asociada a la adsorción de los precursores de radicales sobre las partículas de cenizas.

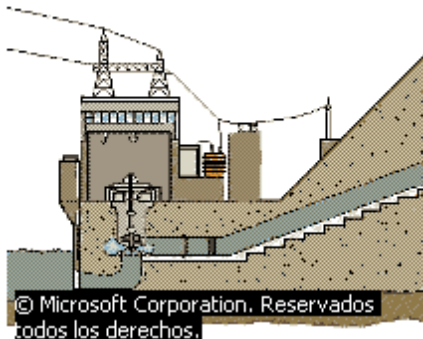
Para hacer esta conversión menos contaminante se evitan esas condiciones: se reducen las dioxinas y furanos con el aumento de temperatura y del tiempo de residencia. También se reduce la formación de fragmentos radicales de moléculas orgánicas precursoras. Además, existe transformación de las moléculas de dioxinas y furanos sobre la superficie de las cenizas.

También se controlan las emisiones y se realiza una inertización de las cenizas volantes y de fondo por

encapsulación, carbonatación y vitrificación.

Energía hidráulica:

Es la energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables.



Sección transversal de una presa.

Entre los problemas medioambientales que ocasionan se pueden mencionar los siguientes:

- Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno, en algunos casos, han inundado pequeños núcleos de población, cuyos habitantes han tenido que ser trasladados a otras zonas.
- En el lugar donde se encuentran los embalses se produce una tremenda evaporación desde la masa de agua, esto cambia las condiciones de los ecosistemas próximos. Además, lleva a la progresiva salinización de los suelos por la alta evaporación.
- Al interrumpirse el curso natural de un río, se producen alteraciones en la flora y en la fauna fluvial. Las presas retienen las arenas que arrastra la corriente y que son la causa, a lo largo del tiempo, de que los deltas que pueda haber en la desembocadura vayan retrocediendo.
- Disminuyen los bancos de peces en las desembocaduras.
- Si agua arriba del río existen vertidos industriales o de alcantarillado, se pueden producir acumulaciones de materia orgánica en embalse, lo que repercutiría negativamente en la salubridad de las aguas, y produce eutrofización. Si se sueltan aguas eutrofizadas, los peces mueren río abajo por falta de oxígeno.
- También afectan al río las construcciones que se hacen para desviar el río mientras se construye la presa (ataguía y contraataguía), y los aliviaderos.
- La iluminación en las presas modifica parámetros que tienen que ver con el comportamiento de los animales (por ejemplo luciérnagas o lechuzas).
- Una posible rotura de la presa de un embalse puede dar lugar a una verdadera catástrofe.
- Constituyen una barrera en el río que no pueden salvar los peces como el salmón. A veces se construyen escalas, pero no solucionan nada porque en el embalse no existe corriente.
- Para el aprovechamiento hidráulico se necesitan hacer muchas obras, esto provoca impactos en las orillas del río. Existen transformadores de alto voltaje que repercuten negativamente sobre las aves.
- Los efectos del oleaje escalonan las orillas y esto desestabiliza las laderas.

- Por último, permite un acceso fácil a zonas aisladas de alto valor ecológico.

Sin embargo, pese a lo expuesto, el uso tanto de la energía hidráulica como de las instalaciones que la acompañan presentan una serie de ventajas:

- El proceso de transformación de la energía hidráulica en energía es limpio.
- Es autóctona y, por consiguiente, evita importaciones del exterior.
- No genera calor ni emisiones contaminantes (lluvia ácida, efecto invernadero...)
- Es renovable. No se consume. Se toma el agua en un punto y se devuelve a otro a una cota inferior.
- Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.
- Requiere inversiones muy cuantiosas que se realizan normalmente en comarcas de montaña muy deprimidas económicamente.
- Genera experiencia y tecnología fácilmente exportables a países en vías de desarrollo.
- Las presas que se construyen para embalsar el agua permiten regular el caudal del río evitando de esta forma inundaciones en épocas de crecida
- El agua embalsada puede servir para el abastecimiento a ciudades en épocas de sequía.
- Los embalses suelen ser utilizados como zonas de recreo y esparcimiento.
- Conviene, por último reseñar la gran dependencia de la energía hidráulica respecto a las precipitaciones, pues en épocas de sequía es necesario reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.

Energía eólica:

Se consigue la energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento, que se recoge mediante unas grandes palas asociadas a una turbina.

Se considera una energía renovable, no fósil y por tanto está disponible, aunque vientos dependen de la zona, la altura, ...

En general, tiene poco impacto ambiental, insignificante en lo que se refiere a emisiones, pero sí en otros aspectos, como en la fauna, impactos paisajísticos, infraestructuras, etc.

Se utilizan molinos de hasta 90 metros de altura, con palas de incluso 30 metros de longitud, con un peso total de 150 toneladas. Esto necesita en el suelo una zona de 10 x 10 metros de cementación para sujetar cada una; esto ya supone el primer impacto.

Además, el proceso de creación del parque supone hacer una gran cantidad de obras que repercuten negativamente en la fauna y flora de la zona.

A pesar de ello, también tiene **beneficios**, por ejemplo, supone un ahorro de energía primaria de 60.000 TEP/año, que habría que producir por otros medios que podrían ser más contaminantes.

Calentamiento global evitado: 600.000 ktermias/año.

Beneficios económicos: venta de electricidad, empleo generado, estímulo tecnológico sectorial, reducción de la dependencia de energía exterior, turismo, etc.

El efecto positivo que supone la generación eléctrica con energía eólica queda reflejada en primer termino en los nulos niveles de emisiones gaseosas

emitidas, en comparación con las producidas en centrales térmicas. Esto afecta tanto a elementos contaminantes como dióxido de azufre, partículas, etc. .. como a la emisión de CO₂, que en este caso es inexistente. Hay que tener en cuenta que, actualmente, el problema ambiental más irresoluble es precisamente la reducción de emisiones de CO₂; mientras que existen procedimientos operativos para reducir los niveles de SO₂ y NO_x, no existe tecnología para reducir los de CO₂.

Los impactos medioambientales dependen fundamentalmente del emplazamiento elegido para la instalación, de su tamaño y de la distancia a las zonas de concentración de población. Posiblemente, el único impacto negativo es el visual y tiene un carácter muy subjetivo.

Las **principales alteraciones** que se dan como consecuencia de la instalación de turbinas eólicas son:

- impacto sobre las aves: La colisión no suele producirse contra los aerogeneradores, ya que las aves se acostumbran rápidamente a ellos y a su movimiento; incluso las aves migratorias desvían su trayectoria cuando el parque eólico se encuentra en dirección de su vuelo. Este impacto se aprecia con mayor intensidad cuando la colisión se produce contra las líneas aéreas, especialmente en condiciones de baja visibilidad, debiendo minimizarse o anularse mediante la instalación de elementos de fácil visibilidad, situados alrededor del cable (tubos de polietileno,

cintas de plástico, bolas de plástico, etc.).

- impacto visual: Los elementos característicos de una instalación eólica que producen este tipo de impacto son: aerogeneradores, casetas, líneas eléctricas y los accesos a la instalación. Los aerogeneradores suelen minimizar su impacto mediante colores y formas atractivas.

- ruido: El origen del ruido en los aerogeneradores se debe a factores de tipo mecánico

producidos por el tipo de multiplicador y generador, el ventilador del generador

y los tratamientos superficiales, la calidad de los mecanizados, y factores de

tipo aerodinámico producidos por la velocidad de giro del rotor, el material del

que están fabricadas las palas, el de espacio existente entre el larguero de las

palas y su superficie aerodinámica, la velocidad del viento y la turbulencia del

mismo.

– erosión: La influencia es muy escasa, siendo los impactos de erosión producidos principalmente en la fase de construcción del parque. Los más importantes se deben al movimiento de tierras en la preparación de los accesos, mientras que

otras causas de impacto suelen ser, aunque con menor intensidad, la realización de cimentaciones para los aerogeneradores y la construcción de edificios de control.

– efectos en el entorno: Los requerimientos de espacio de una instalación eólica son importantes, debido a que las turbinas tienen que colocarse siguiendo determinados

parámetros, tanto en alineación como en separación, para minimizar los efectos de interferencia aerodinámica.

– otros (interferencias electromagnéticas, efecto sombra, etc.)

Energía solar:

Ninguna actividad humana está exenta de impacto ambiental, la instalación de energía solar tampoco. En la fabricación de los componentes se produce contaminación, una contaminación que debe reducirse. Sin embargo, no todas las formas de producir energía contaminan lo mismo, aquí es donde radica la ventaja de la instalación de paneles solares. Estos no contaminan una vez instalados y no producen residuos de complicado y peligroso almacenaje. Por eso, podemos afirmar que la energía solar es una energía limpia y respetuosa con el medio ambiente.

Puede ser aprovechada de diferentes formas:

- Utilización directa.
- Transformación en calor.
- Transformación en electricidad: Transforma la energía solar en eléctrica a través de células fotovoltaicas (formadas por silicio). Estas células pueden funcionar tanto en días nublados como despejados.

Ventajas:

- Es una fuente de energía inagotable.
- Escaso impacto ambiental.
- No produce residuos perjudiciales para el medio ambiente.
- Distribuida por todo el mundo, y con más intensidad en las zonas con mayor deuda externa (tropicales).
- No tiene costes, una vez instalada.
- No hay dependencia de las compañías suministradoras.
- El mantenimiento es sencillo.

Inconvenientes:

- Los paneles fotovoltaicos contienen agentes químicos peligrosos.
- Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles.
- Impacto visual negativo.

Razones del uso de las energías renovables:

Que el planeta Tierra sea finito, no es un problema, es una realidad; esto lo podemos comparar con una caja llena de petróleo, carbón, árboles, gas, minerales diversos, en definitiva, recursos que el hombre necesita para

obtener energía y construir su mundo. El planeta Tierra es finito y por lo tanto sus recursos son finitos.

El uso de las energías renovables se potenció a partir de las crisis de los precios del petróleo de los años setenta. El temor a un hipotético desabastecimiento o a que los precios energéticos creciesen de forma excesiva motivó la puesta en marcha de programas nacionales e internacionales de investigación y desarrollo de tecnologías de estas energías, así como del fomento de su aplicación.

En el ámbito internacional fue la Agencia Internacional de la Energía, IEA, quien hizo realidad ese primer impulso. En España se creó el Centro de Estudios de la Energía, posteriormente transformado en Instituto de Diversificación y Ahorro Energético, IDAE, quien se responsabilizó de las tareas de promoción. A lo largo de la década de los noventa han sido criterios ambientales los que han impulsado el desarrollo de las energías renovables.

El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en capas altas de la atmósfera, en especial CO₂ proveniente del uso de combustibles fósiles, que son causa del cambio climático es hoy la primera razón para impulsar estas energías. Así lo propugnan diferentes organizaciones ecologistas.

Otra razón para la extensión de las energías renovables es la necesidad de encontrar fuentes autóctonas de energía para muchos de los países que importan combustibles fósiles y gastan en ello una parte importante del resultado de sus exportaciones o de sus recursos económicos.

Esto es así fundamentalmente en los países del Tercer Mundo, que no disponen de yacimientos propios de hidrocarburos. Las energías renovables son además una importante fuente de empleo, en gran medida, distribuido en el mundo rural. Así lo valora la Comisión Europea y las organizaciones sindicales de los países miembros.

Carbón

1.058,2

2,986

2,971

1,626

0,267

0,102

—

1.066,1

Gas natural

824,0

0,251

0,336

1,176

TR

TR

–

825,8

Nuclear

8,6

0,034

0,029

0,003

0,018

0,001

3,641

12,3

Fotovoltaica

5,9

0,008

0,023

0,017

0,003

0,002

–

5,9

Biomasa

0,0

0,614

0,154

0,512

11,361

0,768

–

13,4

Geotérmica

56,8

TR*

TR

TR

TR

TR

–

56,8

Eólica

7,4

TR

TR

TR

TR

TR

–

7,4

Solar térmica

3,6

TR

TR

TR

TR

TR

—

3,6

Hidráulica

6,6

TR

TR

TR

TR

TR

—

6,6

(*) TR: trazas

La actividad humana produce emisiones de gases como el dióxido de carbono, el metano y el óxido de nitrógeno que al concentrarse en la atmósfera provocan el llamado "efecto invernadero". La quema de combustibles fósiles con fines energéticos constituye la primera causa de este fenómeno.

El hombre ha tomado conciencia de que por primera vez en la larga historia de su presencia en la tierra su actividad está produciendo cambios que pueden resultar catastróficos para su propia supervivencia.

La biosfera está reaccionando negativamente al modelo de producción y consumo de energía con un cambio climático cuyas consecuencias sólo empezamos a atisbar.

2