

SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Por ANTONIO COLINO MARTÍNEZ
y RAFAEL CARO

Costes de generación

De forma general se puede decir que los costes de la generación de la energía se desglosan entre los costes de capital correspondientes a la inversión inicial del proyecto, los costes asociados al combustible de cada sistema de producción y los costes derivados del mantenimiento y la operación de las plantas generadoras.

La energía hidroeléctrica comparte con la nuclear el que la mayor parte de los costes asociados, son del capital, seguidos de los costes de operación y mantenimiento y con coste de combustible mínimo o prácticamente nulo, en el caso de la hidráulica.

Para las térmicas el principal coste radica en el combustible a quemar, sea carbón, gas, petróleo o biomasa.

En el caso de las renovables, eólica y solar, si bien es cierto que no presentan costes de combustible, y los de la operación y mantenimiento son relativamente menores, los costes asociados a la instalación y puesta en funcionamiento encarecen de forma substancial el precio final de la electricidad producida, siendo necesario en las actuales condiciones de desarrollo de dicha tecnología la subvención por parte del Estado, figura 1.

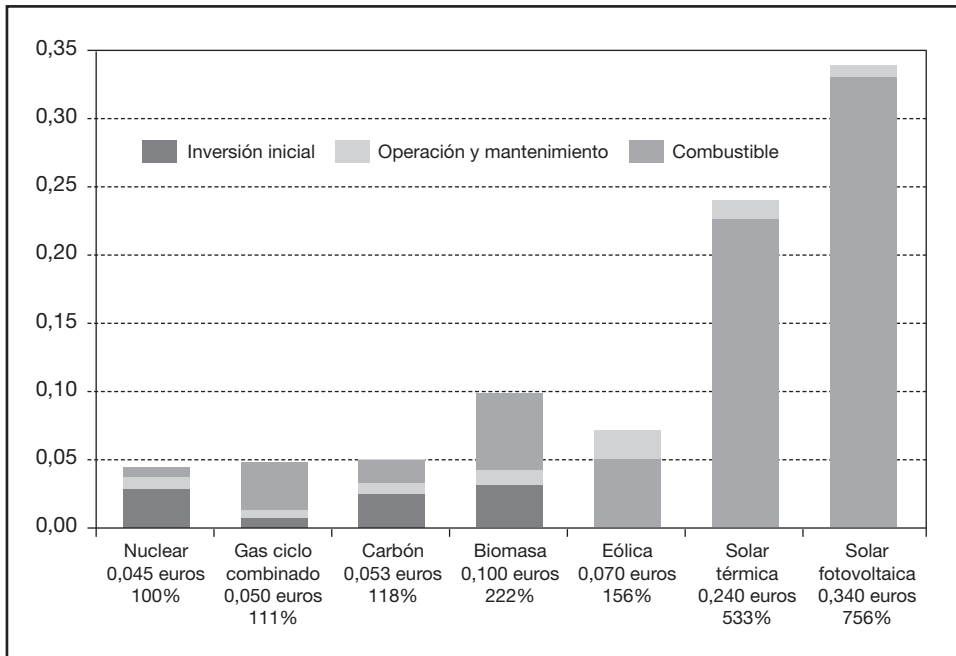


Figura 1.- Coste unitarios euros del kilovatio/hora en función del sistema de producción.

Hidráulica

La energía hidráulica, la más importante dentro de las energías de origen mecánico, posee una colección de características distintivas del resto de las fuentes de energía: acumulable, no contaminante, flexibilidad de respuesta, reutilizable, renovable de modo natural, prácticamente inagotable, con costes de explotación muy reducidos y relativamente autóctona en cuanto a proyecto, materiales de construcción y mano de obra cualificada. Frente a estas excelentes cualidades, la energía hidráulica es lo suficientemente escasa como para obligar a todas las naciones a proveerse de otras fuentes de energía.

En España, la grandes infraestructuras hidroeléctricas (>50 megavatios) tienen ya poco recorrido, toda vez que se han agotado en la práctica los emplazamientos disponibles. En cambio todavía existe un pequeño potencial disponible para las centrales mini y microhidráulicas –cuya potencia instalada es igual o inferior a los 10 megavatios– aprovechando las oportunidades que ofrecen pequeños embalses para generación eléctrica, y

así paliar la aleatoriedad de la generación eólica y/o solar, debido a que no requieren la construcción de presas, o como mucho requieren pequeñas presas que no grandes embalses. Su impacto es pequeño aún en Europa (un 10% del total) pero se piensa que en el año 2020 puede llegar a los 12.000 megavatios de capacidad instalada en la Unión Europea.

La energía hidroeléctrica en general, y su uso en particular, presenta ciertas ventajas sobre otras fuentes de energía, como son la disponibilidad como recurso inagotable, en tanto en cuanto el ciclo del agua perdure. Es una forma de energía que no contamina la atmósfera al no emitir gases de efecto invernadero ni provoca lluvia ácida, y su producción de trabajo a temperatura ambiente no requiere emplear sistemas de refrigeración o calderas, que consumen energía y, en muchos casos, contaminan, por lo que es más rentable en este aspecto.

Frente a la aleatoriedad (sólo se puede usar si el año hidrológico es bueno), la consideración de su alto coste capital, grandes inversiones para construir la central hidráulica, y que, debido a la lejanía de los emplazamientos de las grandes poblaciones, es necesario transportar la energía a través de costosas redes, asimismo presenta los inconvenientes derivados de los cambios en los ecosistemas, las alteración del microclima, variaciones de caudal o pérdida de suelo, figura 2.

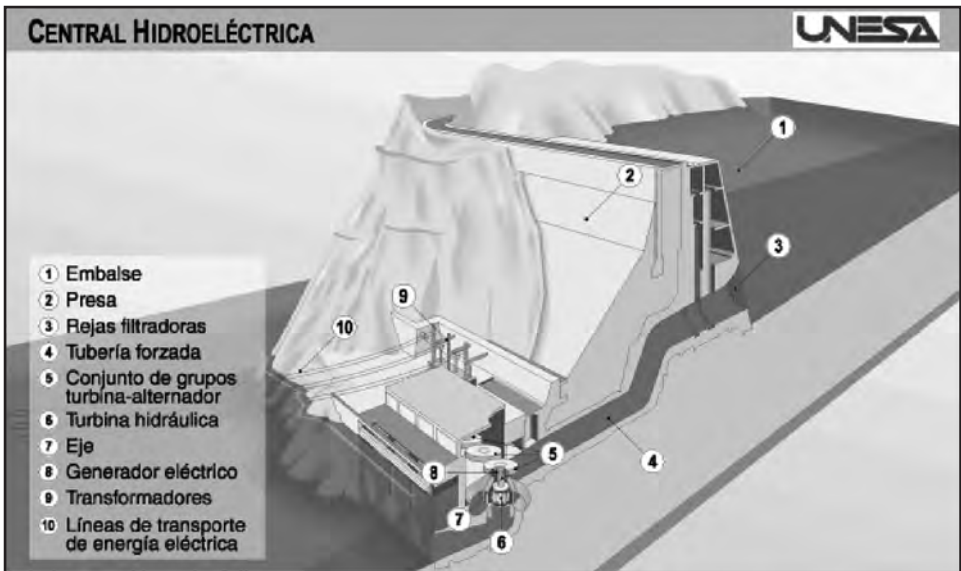


Figura 2.- Esquema de una central hidráulica. UNESA.

Eólica

El molino de viento como fuente de energía no es tan antiguo como la rueda hidráulica y parece haberse originado en Persia en el siglo VII. Estos molinos de viento persas eran de eje vertical. La primera mención de un tipo de molino occidental es en un documento normando del año 1180. En Europa los molinos tuvieron un rápido desarrollo y eran de eje vertical, por lo que giraban en la dirección del viento.

Posteriormente los molinos se construyeron con eje horizontal y se utilizaron para moler grano como los que se conservan en La Mancha, y que fueron gigantes enemigos de don Quijote. Pero desde el siglo XV su uso más importante lo constituyó el bombeo de agua en las provincias unidas de Holanda, donde llegó a haber más de 8.000 molinos de viento. En el año 1745, Edmund Lee patentó el timón que orientaba automáticamente el molino en la dirección del viento. Algunos molinos utilizados para serrar madera producían desempleo, por lo que algunos de ellos como el de Limehouse fue destruido en el año 1778 por la muchedumbre.

En el año 1973, como consecuencia de la primera crisis del petróleo, se inicia otro periodo en el campo del aprovechamiento eólico como fuente de energía, aunque en esta ocasión, compartiendo protagonismo con la energía solar, como recursos renovables y no contaminantes, si bien una buena parte de la labor investigadora del aprovechamiento de esta energía está basado en la confección de los mapas eólicos, ya que el potencial energético presenta grandes irregularidades según distintas zonas geográficas.

Dada la situación, la mayoría de países occidentales afectados por la crisis del petróleo y, en especial, los que ya tenían cierta tradición en el aprovechamiento de sus recursos eólicos, han preparado nuevos programas de investigación y desarrollo, con el fin de potenciar al máximo esta fuente de energía para principios del siglo XXI, centrado su interés en la elaboración de mapas eólicos y localización de nuevos emplazamientos, así como la evolución del diseño y construcción de plantas de gran potencia.

En general, como la velocidad del viento aumenta con la altura, los emplazamientos más favorables son los cerros y las colinas que dominan un terreno despejado, sin obstáculos que originen turbulencias

Sin embargo, la mayor dificultad para conseguir energía eólica surge de la variabilidad del viento y el elevado coste de las máquinas para obtenerla, lo que encarece el precio del kilovatio/hora, al que adicionalmente se le asocia un impacto medioambiental derivado del ruido del giro del rotor y un importante impacto visual negativo

La principal ventaja de esta energía es que constituye una fuente inagotable, figura 3.

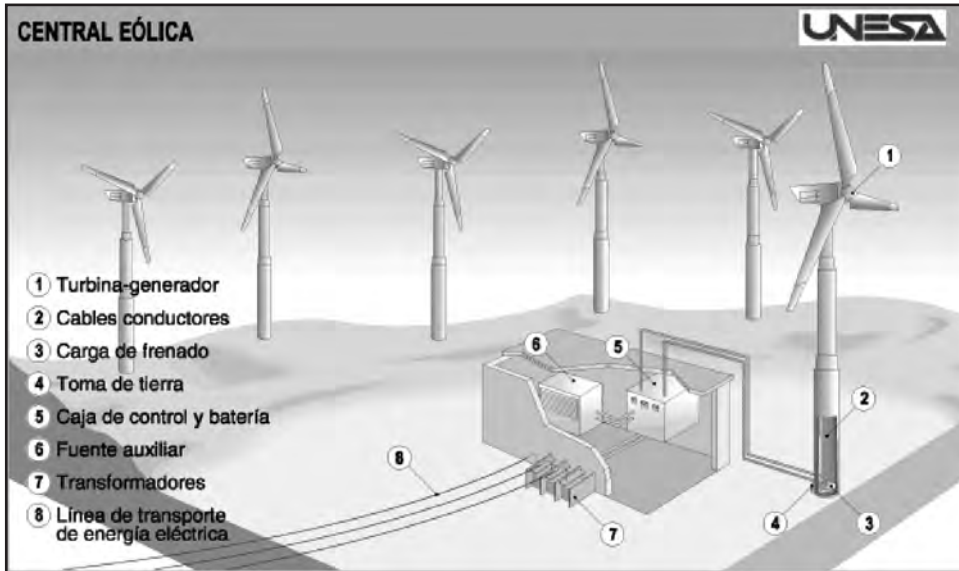


Figura 3.- Esquema de una central eólica. UNESA.

Parques eólicos marinos

Los parques eólicos situados en el mar, conocidos internacionalmente como *offshore*, son una forma cada vez más utilizada de aprovechar la energía renovable del viento, si bien todavía se encuentra en una fase de desarrollo.

Podemos subrayar el hecho que sólo dos países de la Unión Europea hasta la actualidad hayan apostado fuertemente por la implantación de los parques eólicos marinos, estos países son Reino Unido y Dinamarca. Éste fue el país europeo pionero en poner en pleno funcionamiento esta forma de obtener energía en el año 1996. El Plan Energético danés co-

locaba como objetivo alcanzar 4.000 megavatios de energía eólica *off-shore* en 2030. Se espera que los 4.000 megavatios de potencia eólica produzcan 13,5 teravatio/hora de electricidad al año, lo equivale al 40% del consumo de electricidad del país. En los mares daneses se encuentran actualmente los mayores y más desarrollados parques de aerogeneradores en el mundo.

Hoy en día esa energía limpia, renovable y de gran potencial eléctrico que constituye el viento, ha aumentado el interés de sus posibilidades para la producción de energía eléctrica. Las nuevas tecnologías aplicadas irán permitiendo hacer rentable la obtención de energía a partir de esta fuente.

Una buena parte de la labor investigadora del aprovechamiento de esta energía es la confección de los mapas eólicos, ya que el potencial energético presenta grandes irregularidades según distintas zonas geográficas. Esos mapas son imprescindibles para conocer las zonas más idóneas para la ubicación de centrales eólicas

Los mapas permiten conocer, para una zona concreta, la velocidad, continuidad y estabilidad del viento, y especialmente la densidad de potencia, es decir, la máxima potencia que puede obtenerse por unidad de área barrida por el viento. Para el buen funcionamiento de una central es necesaria una densidad de potencia del orden de 1.000 vatios/metro cuadrado.

Solar fotovoltaica

La idea de utilizar el calor solar es muy antigua. No se les escapó a las civilizaciones orientales, egipcia y griega que el Sol era una fuente inagotable de energía, pero el bajo nivel técnico de que disponían, en su característica de captación, les impidió utilizarla.

Existen dos efectos físicos que permiten la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica: el termoeléctrico y el fotoeléctrico. En el primero, la corriente eléctrica se produce a partir del calor de la radiación luminosa, mientras que en el segundo, es la energía de los corpúsculos constituyentes de la luz (fotones) la que se aprovecha para producir electricidad, principalmente mediante la conversión directa de energía solar en energía eléctrica basada en la fuerza electromotriz de un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa del conocido como efecto fotoeléctrico.

Los sectores de aplicación de la energía solar fotovoltaica son diversos y claramente diferenciados; entre ellos se puede citar aplicaciones remotas, usos rurales, autogeneración y en general aquellos casos en que es necesario el uso de electricidad en lugares no habitados donde hay que prever un pequeño consumo de electricidad, siendo rentable disponer en estos casos de un panel fotovoltaico que, pese a su elevado coste, resulta económico pero llevando implícito la previsión en este tipo de aplicaciones la necesidad de un sistema acumulador de energía a base de baterías, dado que la otra característica específica de la energía solar es su intermitencia. Esto hace que, a la par que se desarrollan instalaciones captadoras de energía, es necesario investigar los correspondientes sistemas de almacenamiento de la energía captada.

Como es sabido, la energía solar fotovoltaica, en España dispone de una experiencia razonable en el sector, ya que es uno de los países donde el mercado de instalaciones fotovoltaicas se ha desarrollado de un modo concreto, a impulsos de las iniciativas pública y privada, siempre con la esperanza de una reducción de costes de la energía fotovoltaica haga rentable su empleo en la autogeneración aislada de energía para los usos domésticos, como en pequeñas centrales eléctricas conectadas a la red, figura 4.

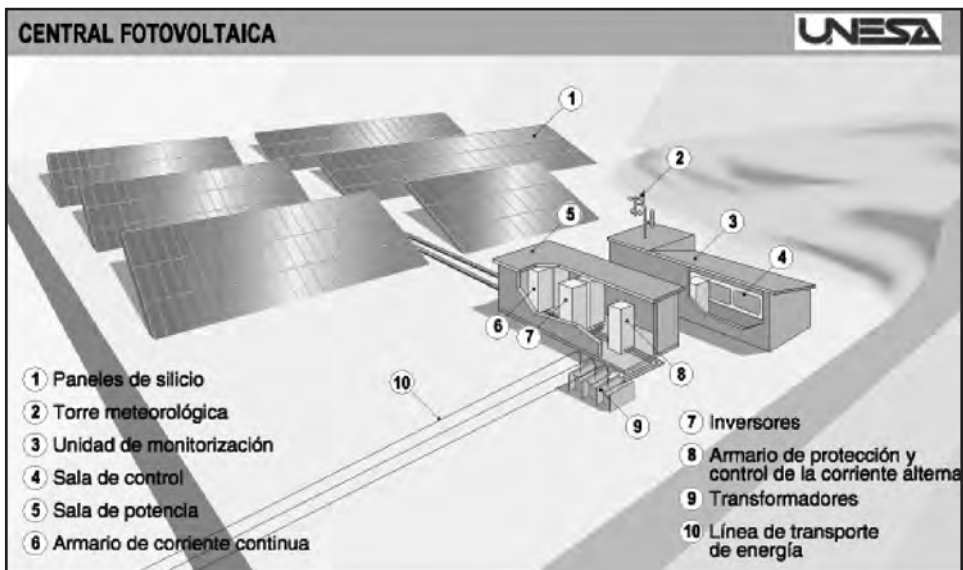


Figura 4.- Esquema de una central solar. UNESA.

El modelo más desarrollado en España es el conocido como huerta solar, que consiste en la agrupación de varias instalaciones de hasta una potencia de 100 kilovatios en suelo rústico.

El precio de venta de la energía producida está fijado por ley de manera que los poderes públicos han incentivado la producción de electricidad, si bien tecnológicamente, el elevado coste de esta energía radica en la compleja fabricación de células solares no atribuible al coste intrínseco de las materias primas, sino al coste del proceso y de la energía necesaria para el mismo.

Biomasa

El concepto de biomasa energética incluye todos los vegetales que no se utilizan con fines alimenticios o industriales, por tanto, todos los productos alimentarios y los combustibles fósiles no se incluyen dentro del concepto de biomasa.

La obtención de energía útil a partir de la biomasa puede conseguirse de dos formas, la primera indirectamente, mediante su transformación en productos industriales que sustituyen a otros, costosos de energía fósil, y la segunda, directamente, utilizándola como combustible. En este último caso, se presentan dos posibilidades, como la de utilizar como fuente de biomasa los llamados «cultivos energéticos», es decir, plantaciones destinadas exclusivamente a producir energía o bien utilizar como fuente de biomasa los residuos.

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 dióxido de carbono (CO₂) favorable, de manera que la materia orgánica es capaz de retener durante su crecimiento más CO₂ del que se libera en su combustión.

Uno de los ejemplos más destacados en el campo de la tecnología de las fuentes de energía renovables es el caso de la obtención de alcohol industrial por fermentación en Brasil. En el año 1976, el Gobierno brasileño decidió dejar de ser el mayor importador de petróleo entre los países en desarrollo y se embarcó en un programa para la producción masiva de etanol, a partir de melazas de caña de azúcar o de la pulpa de mandioca,

para ser utilizado como combustible. Sin embargo, los biocombustibles son la única energía renovable que ha experimentado un retroceso global, figura 5.

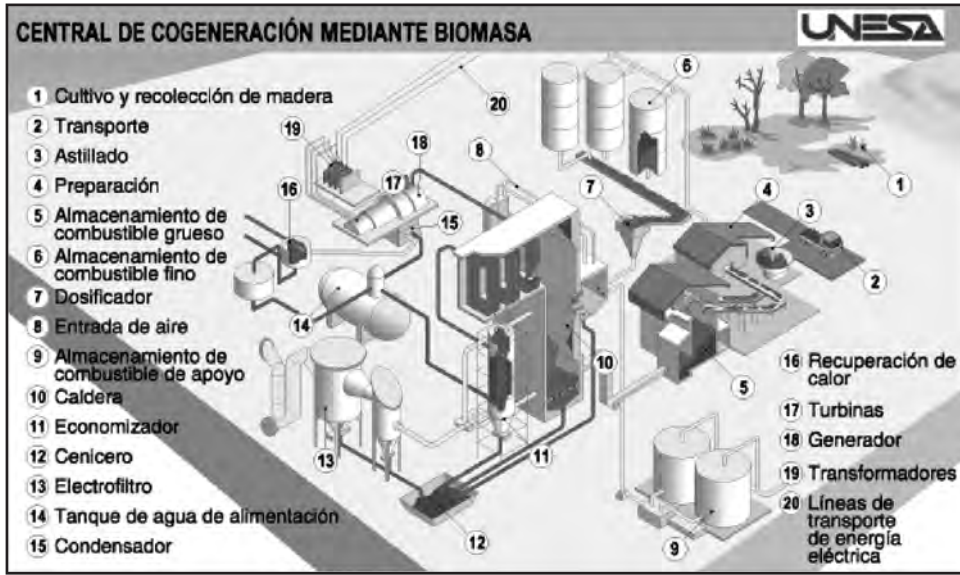


Figura 5.- Esquema de una central térmica de biomasa. UNESA.

Geotérmica

Es la única forma de energía renovable que es independiente del Sol, teniendo su única fuente de calor en el interior de la Tierra. Existen muchas evidencias de que la temperatura en el interior de la Tierra es mucho más elevada que la de la superficie. La existencia de manantiales termales, volcanes, géiseres y otras manifestaciones térmicas pone de manifiesto la presencia de un calor que proviene del interior de la Tierra.

La energía geotérmica tiene su origen en la enorme diferencia de temperaturas que existen entre el núcleo de la Tierra y la corteza, lo que origina un continuo flujo de calor hacia la superficie. Actualmente, este recurso se aprovecha tanto con fines de calefacción como para generar electricidad.

El aprovechamiento de la energía contenida en las olas, las mareas o las corrientes del mar es más incipiente, pero su futuro se presenta muy

prometedor. No es para menos: el océano es el mayor colector solar del mundo. En otras palabras, el mayor almacén de energía natural a nuestro alcance.

Petróleo

De los productos derivados del petróleo de una gama muy variada, el 90% de ellos se destinan a satisfacer las necesidades energéticas del mundo, siendo en el modelo productivo actual su principal uso destinado a la automoción y el transporte mediante la obtención de gasolinas, gasoil, querosenos y otros destilados usados como lubricantes y asfaltos.

En las centrales de fuel-oil, el combustible se calienta hasta que alcanza la fluidez óptima para ser inyectado en los quemadores. Estas centrales térmicas presentan como principal inconveniente las oscilaciones del precio del petróleo y derivados, y a menudo también se exigen tratamientos de desulfuración de los humos para evitar la contaminación y la lluvia ácida.

El consumo emite a la atmósfera millones de kilogramos de CO₂, el principal gas de denominado efecto invernadero y asociado al cambio climático mundial, figura 6.

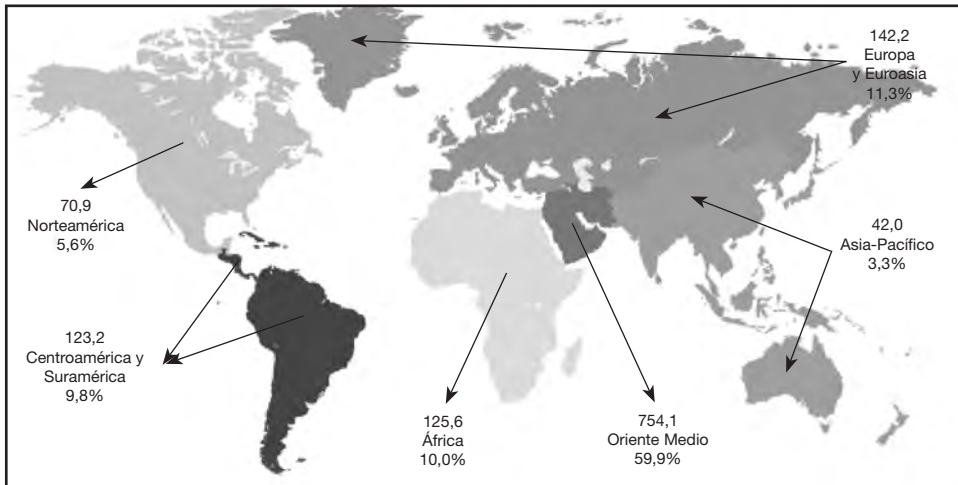


Figura 6.— Reparto porcentual de las reservas probadas de petróleo al final del año 2008 en miles de millones de barriles. BP Statistical Review of World Energy 2009.

Carbón

El carbón se formó como resultado de un largo proceso geológico cuyas características son, la presencia de un ambiente con mucha vegetación, que junto con un clima muy lluvioso, constituye la materia prima para la formación del carbón, y frecuentes depresiones del terreno, llamadas cuencas, en las que se produjeron acumulaciones de rocas minerales erosionadas y fragmentos de vegetación.

Estas acumulaciones han sufrido una fuerte degradación biológica con transformaciones que las han llevado a un gran enriquecimiento en carbono. El material pétreo resultante de estas transformaciones se conoce como carbón.

Dependiendo de los fenómenos producidos podemos encontrar cuatro clases de carbón:

1. Turba: carbón pardo, poco coherente, poroso, poco denso y con bajo poder calorífico.
2. Lignito: carbón pardo negruzco, semicoherente, compacto y con un poder calorífico normal.
3. Hulla: carbón negro, claramente pétreo, coherente y compacto, y con un poder calorífico notable.
4. Antracita: carbón negro brillante, coherente, denso, duro y compacto.

El carbón mineral, apenas conocido hace 300 años, fue una de las fuentes supremas de energía y riqueza del mundo, y había contribuido a la revolución industrial y colocado a tres naciones: Estados Unidos, Gran Bretaña y Alemania muy a la cabeza del resto del mundo, en posiciones que hacen que las conquistas por las armas aparezcan locales y mezquinas.

A lo largo del siglo XX el uso del carbón de piedra para producir fuerza motriz mediante su transformación en calor fue progresivamente reemplazado por el petróleo.

La Tierra tiene depósitos aún más grandes de energía que todos sus accesibles yacimientos de hulla actualmente explotados y las necesidades de la humanidad estimularán la invención hasta que estos depósitos sean utilizados.

El carbón es un recurso energético, no renovable, sujeto a las restricciones propias a este producto. La localización y la dotación de recursos, en cantidad y en calidad, son datos fijos que delimitan su alcance

territorial y condicionan todas las fases posteriores de explotación y aprovechamiento.

En nuestro país, se localiza en determinadas áreas de las Comunidades Autónomas de Asturias, Castilla y León, Aragón, Cataluña, Andalucía y Castilla-La Mancha. El lignito pardo se localiza en Galicia. En ellas, en especial en determinadas comarcas, su incidencia es relevante en materia de producción y empleo y, en la misma medida, su declive plantea graves problemas socioeconómicos, territoriales y sociales ya que en algunos casos era y es su única actividad económica, cuyo impacto han venido tratando de atenuar los sucesivos planes de apoyo al sector.

A finales del siglo XX, las minas de carbón europeas dejaron de ser rentables. Resultaba mucho más barato traer carbón desde Australia, a 17.000 kilómetros, que desde Asturias, a 100 kilómetros, del punto de consumo.

Millones de trabajadores dependían de las minas de carbón en las comarcas mineras tradicionales, como el Rhur en Alemania o la cuenca minera de Asturias. A medida que el consumo de carbón local descende, todo un modo de vida va desapareciendo. Aunque todavía se consume una cierta cantidad de carbón procedente de Asturias, León o Teruel, la mayoría del consumido en España viene de gigantescas explotaciones en Australia, Indonesia o Estados Unidos, figura 7.



Figura 7.- Esquema de una central convencional de carbón. UNESA.

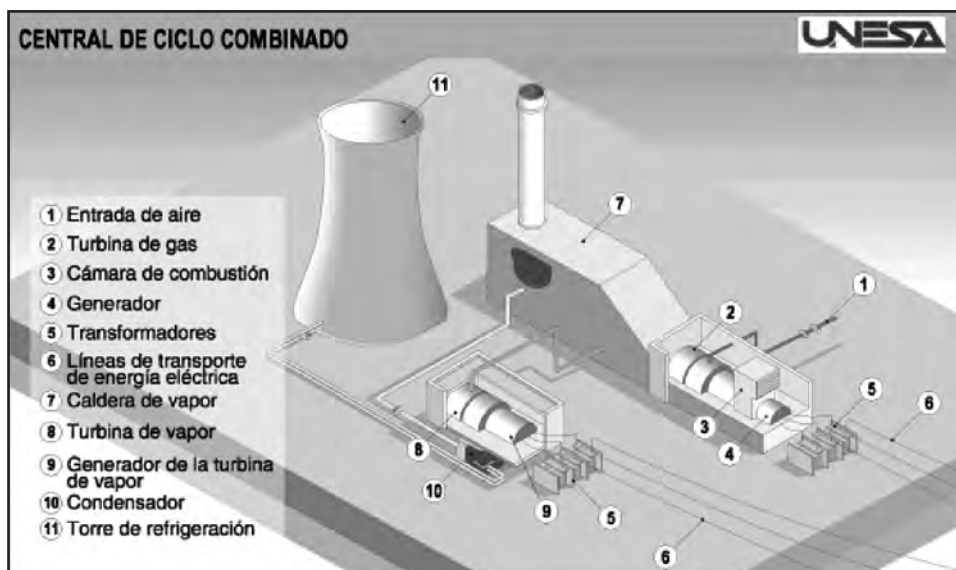


Figura 8.– Esquema de una central de ciclo combinado. UNESA.

Ciclos combinados

Las centrales térmicas convencionales queman gas natural, carbón, o fuel-oil para producir electricidad por medio de la combustión.

El gas natural es una sustancia de origen fósil, procedente de la descomposición de materia orgánica atrapada bajo la superficie terrestre en estratos que han impedido su liberación a la atmósfera.

Se encuentra en la Naturaleza en yacimientos subterráneos tanto terrestres como marinos, en forma de bolsas, asociadas o no a yacimientos de otros combustibles fósiles. Está formado en su mayor parte por metano (en proporciones próximas al 90% en volumen, dependiendo de la procedencia) y fracciones variables de hidrocarburos gaseosos más pesados (etano, propano, butano, pentano y hexano principalmente) y otros gases como nitrógeno y CO₂. La composición es función del origen y los procesos a los que haya sido sometido a la salida del yacimiento (pueden haberse extraído las fracciones más pesadas de los hidrocarburos como el butano y propano), figura 8.

Un ciclo combinado es, la combinación de un ciclo de gas y un ciclo de vapor. El ciclo de gas lo compone la turbina de gas, y el ciclo de vapor

está constituido por la caldera de recuperación, la turbina de vapor y el condensador.

La tecnología de las centrales de ciclo combinado permite un mayor aprovechamiento del combustible y, por tanto, los rendimientos pueden aumentar entre el 38% normal de una central eléctrica convencional hasta cerca del 60% y una alta disponibilidad de estas centrales que pueden funcionar sin problemas durante 6.500-7500 horas equivalentes al año.

Uno de los principales problemas que plantean las centrales térmicas es que se trata de un proceso relativamente complejo de conversión de energías. Utilizan combustible de alto grado de calidad. Provocan contaminación con la alta emisión de gases.

Energía nuclear

Átomos para la paz

Tres meses después del final de la Segunda Guerra Mundial, el 15 de noviembre de 1945, los jefes de Gobierno de Estados Unidos de América, Reino Unido y Canadá, reunidos en Washington, decidieron adoptar una política de sigilo en materia nuclear mientras no se creara un sistema eficaz de control internacional de esa nueva y formidable fuente de energía. Con su decisión de adquirir también todo el uranio disponible, establecieron una política perfecta de no proliferación, basada en impedir el traslado de los dos elementos esenciales para el desarrollo nuclear: el conocimiento técnico y el uranio, ambos dispersados en la actualidad por todo el mundo. Un mes después, la Unión Soviética aceptó la propuesta anglo-estadounidense de crear en Naciones Unidas una Comisión de la Energía Atómica, integrada por los 11 países representados en el Consejo de Seguridad, más Canadá. El 24 de enero de 1946, Naciones Unidas aprobaron la creación de dicha Comisión

En su famosa alocución del 8 de diciembre de 1953 ante la Asamblea General de Naciones Unidas, el presidente Eisenhower, recién regresado de la Conferencia en la Cumbre de las Bermudas entre Estados Unidos, Reino Unido y Francia, tras explicar el equilibrio de terror que se estaba convirtiendo en el principal elemento de las relaciones entre las dos más grandes de las principales potencias, propuso de nuevo la creación de un organismo internacional para la energía atómica, al que los países

más adelantados en el sector nuclear aportarían uranio natural y materiales fisionables procedentes de sus reservas nacionales. El organismo se crearía bajo los auspicios de Naciones Unidas y sería responsable de los materiales que se le entregaran. Dichos materiales –inicialmente sólo disponibles en pequeñas cantidades– servirían para fomentar las aplicaciones pacíficas de la energía atómica, en particular la producción de electricidad, y se distribuirían y utilizarían de modo que arrojaran el mayor beneficio para todos.

El nuevo organismo tendría facultades de control limitadas a la verificación de la utilización pacífica de los materiales de cuya recepción, almacenamiento y redistribución estaría encargado. Un «banco» así debería presentar una seguridad absoluta ante ataques o robos; por primera vez, el terrorismo nuclear –del que tanto se habla hoy– apareció mencionado en un documento oficial.

Esta autoridad internacional embrionaria de la energía atómica cobraría incluso más importancia gracias al aumento de las contribuciones de los países más interesados, entre los que debía figurar obligatoriamente, según Eisenhower, la Unión Soviética. Por primera vez desde la Segunda Guerra Mundial, un plan de reducción de la tensión nuclear no se caracterizaba por las exigencias opuestas de las dos grandes potencias nucleares: la de Estados Unidos, que quería que la Unión Soviética se abriera a inspecciones internacionales, y la petición soviética de prohibición y destrucción de las armas nucleares. Hoy en día la conocemos como Agencia Internacional de la Energía Atómica.

La energía nuclear es aquella que resulta del aprovechamiento de la capacidad que tienen algunos isótopos de ciertos elementos químicos para experimentar reacciones nucleares y emitir energía en la transformación. Una reacción nuclear consiste en la modificación de la composición del núcleo atómico de un elemento, que muta y pasa a ser otro elemento como consecuencia del proceso. Este proceso se da espontáneamente entre algunos elementos y en ocasiones puede provocarse mediante técnicas como el bombardeo neutrónico u otras.

Existen dos formas de aprovechar la energía nuclear para convertirla en calor, la fisión nuclear, en la que un núcleo atómico se subdivide en dos o más grupos de partículas y la fusión nuclear, en la que al menos dos núcleos atómicos se unen para dar lugar a otro diferente, aunque esta técnica está todavía en fase de experimentación.

La fisión nuclear tiene como principal ventaja que no utiliza combustibles fósiles con lo que no emite a la atmósfera gases tóxicos o de efecto invernadero, luego no provoca sanciones relacionadas con el Protocolo de Kioto.

Como cualquier aplicación industrial humana, las aplicaciones nucleares generan residuos, algunos muy peligrosos. Sin embargo, los generan en volúmenes muy pequeños comparados con otras aplicaciones, como la industria petroquímica, y de forma muy controlada, figura 9.

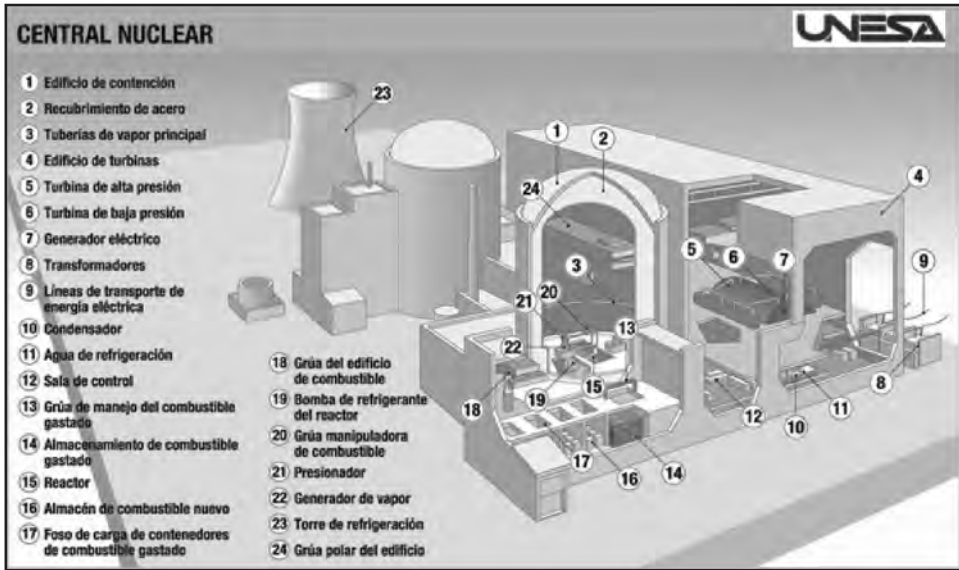


Figura 9.- Esquema de una central nuclear. UNESA.

Generación I, II, III y Generación IV

En torno a mitad del siglo XX se comenzaron a construir los primeros prototipos y diseños de reactores nucleares, que aunque la complejidad del reactor pueda ser elevada, al final se trata de una fuente de calor como otra cualquiera, derivada de la fisión nuclear controlada, y a partir de este momento, se puede decir que la evolución de los reactores nucleares ha pasado por diferentes fases, denominadas con el término de generaciones, habiendo sido desarrolladas las Generación II y la actual Generación III y Generación III+, y estando en desarrollo e investigación la denominada Generación IV.

La denominada Generación IV engloba a toda una serie de proyectos, programas e iniciativas para el desarrollo y prueba de varios sistemas nucleares, utilizables comercialmente hacia el año 2050 y que ofrecen ventajas en los campos de sostenibilidad, economía seguridad, y fiabilidad, no proliferación y protección física.

Además de generación de energía eléctrica directa en centrales, es aplicable a otros campos como la generación de hidrógeno. Uno de los retos más ambiciosos de este proyecto es el de sostenibilidad, basado en la disminución o eliminación de los residuos radiactivos mediante el uso de reactores rápidos o técnicas de transmutación, y la utilización más eficiente del combustible. En cuanto a los aspectos económicos, se espera aumentar la vida de estas centrales a 60 años, con lo que se consiguen costes competitivos, y el aumento de los sistemas de seguridad pretende alcanzar niveles de riesgos financieros comparables a otros proyectos energéticos.

Los principales reactores que se están estudiando en este contexto son los siguientes:

- SFR: reactor rápido refrigerado por sodio.
- LFR: reactor rápido refrigerado por aleación de plomo.
- GFR: reactor rápido refrigerado por gas.
- SCWR: reactor supercrítico refrigerado por agua.
- MSR: reactor de sales fundidas.
- VHTR: reactor de muy alta temperatura.

Fusión

Producir energía tal como lo hacen el Sol y las estrellas es un sueño que los científicos acarician desde el comienzo de la era nuclear, en la década de los años cincuenta. El anhelado objetivo de obtener una fuente de energía prácticamente inagotable basada en la fusión nuclear que ocurre cuando dos núcleos atómicos ligeros como, por ejemplo, de hidrógeno se unen y forman un elemento más pesado, en esta caso helio, liberando una enorme cantidad de energía.

Reproducir ese proceso a menor escala y de forma controlada es el objetivo del ITER (*camino* en latín), el proyecto científico internacional de mayor calado después de la estación espacial. En pos de esa meta han confluído la Unión Europea, Rusia, Canadá, Japón y Estados Unidos.

ITER es del siguiente paso en el desarrollo de la fusión, constituyendo un proyecto investigación y desarrollo de gran envergadura que combina las más altas tecnologías en una gran variedad de campos relevantes para otras industrias (robótica, electrónica, superconductividad, materiales, comunicaciones, etc.).

El Proyecto ITER se beneficia de las características de seguridad intrínsecas a los procesos de fusión (no hay reacciones en cadena, bajas densidades de potencia y energía en el reactor, autoextinción del proceso fuera de las condiciones de operación) y tiene como objetivo demostrar la viabilidad científica y tecnológica en nuestro planeta de una fuente de energía potente, segura y respetuosa con el medio ambiente.

Bibliografía

BP Statistical Review of World Energy, junio de 2008.

COLINO MARTÍNEZ, Antonio: Historia, energía, hidrógeno, discurso en la recepción pública en la Real Academia Ingeniería, 2004.

COLINO MARTÍNEZ, Antonio y GARCÍA FRESNEDA, Enrique: «Geopolítica Energética», Jornada Jóvenes Nucleares, Servicio Nacional de la Energía, 29 de enero de 2009.

Energía 2009, Foro de la Industria Nuclear Española.

Funcionamiento de las centrales eléctricas, UNESA.

La electricidad en España: 313 preguntas y respuestas, UNESA, 2009

La industria eléctrica y el medio ambiente, UNESA, 2001.

Nuclear Energy Outlook 2008, NEA/OCDE.

World Energy Outlook 2008, Agencia Internacional de la Energía.

CAPÍTULO TERCERO

MODELO ENERGÉTICO ACTUAL MUNDIAL