

Centrales Nucleares

De Fisión

Introducción:

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

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

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

Combustible nuclear:

Es todo material que puede ser utilizado para obtener energía mediante procesos de transformación nuclear, análogamente al combustible químico que se quema para obtener energía. El combustible nuclear más habitual, son los elementos fisionables pesados que pueden dar lugar a una reacción en cadena de fisión nuclear en un reactor.

Los combustibles nucleares más habituales son el ^{235}U y el ^{239}Pu , y los procesos de minería, refinado, purificado, utilización y tratamiento final de residuos, conforman en su conjunto el denominado ciclo del combustible nuclear, que es de relevancia en la generación de energía nuclear

Con una sola pastilla de ^{235}U de tan solo 5g de peso, se puede producir la energía equivalente a 810 kilos de carbón, 556 litros de petróleo o 480 metros cúbicos de gas natural

Energía nuclear:

Antes de poder analizar en profundidad las centrales nucleares, hay que tener unos conocimientos mínimos del tipo de energía que usan este tipo de centrales.

Se llama energía nuclear a aquella que se obtiene al aprovechar las reacciones nucleares espontáneas o provocadas por el hombre. Estas reacciones se dan en algunos isótopos de ciertos elementos químicos, siendo el más conocido de este tipo de energía la fisión del ^{235}U , con la que funcionan los reactores nucleares de las centrales nucleares. Sin embargo muchos otros (isótopos del uranio, torio, plutonio, estroncio o polonio por ejemplo) pueden ser utilizados para producir esta energía aprovechando las distintas reacciones nucleares.

Los dos sistemas con los que puede obtenerse energía nuclear de forma masiva son la fisión y la fusión. La energía que se obtiene puede usarse de forma descontrolada, dando lugar al armamento nuclear, o controlada en reactores nucleares en los que se produce electricidad, energía mecánica o calor.

La principal característica de este tipo de energía es su alta densidad, es decir, la gran cantidad de energía que puede producirse a partir de un gramo de material.

Tipos de reactores nucleares:

Los dos tipos de reactores nucleares usados en España son el de agua a presión y el de agua en ebullición, aunque hay más:

-Reactor de agua a presión (PWR): Son las más utilizadas del mundo. Disponen de un reactor térmico, moderado y refrigerado por agua, y utilizan como combustible UO₂.

Este tipo de centrales tienen dos circuitos de refrigeración completamente aislados entre sí – denominados primario y secundario. El agua del circuito primario pasa por el interior de los tubos en forma de U del generador de vapor. Dentro de este generador de vapor circula agua de refrigeración del circuito secundario, de forma que nunca se mezcla con el agua del primario.

El agua del circuito secundario absorbe el calor del agua del circuito primario y se convierte en vapor. Este se hace incidir sobre los alabes de una turbina, la cual al girar mueve un alternador que produce energía eléctrica.

Además existe un tercer circuito de refrigeración exterior que es el único cuya agua tiene contacto con el medio ambiente circundante.

Ventajas:

-Los reactores tipo PWR son muy estables debido a su tendencia a reducir su potencia ante incrementos de temperatura, esto ayuda a reducir la posibilidad de perder el control de la reacción en cadena.

-Los PWR pueden ser operados con un núcleo que contiene menos material fisible que el necesario para alcanzar la condición de criticidad con neutrones instantáneos. Esto reduce la posibilidad de que el reactor tenga una subida incontrolada de la potencia y es una de las características de seguridad de los PWR.

-Puede verse también como ventaja el hecho de que al utilizar uranio enriquecido como combustible, los PWR pueden utilizar agua ordinaria como moderador en lugar de necesitar agua pesada cuya producción es costosa.

Desventajas:

-El agua del sistema refrigerante primario tiene que ser presurizado a altas presiones para mantener el agua en fase líquida a las temperaturas de trabajo del reactor. Esto pone requerimientos exigentes sobre las calderas y el recipiente de presión del reactor y por lo tanto incrementa los costos de construcción. También eso incrementa el riesgo ante un accidente con pérdida de refrigerante del sistema primario.

-Los PWR no pueden cambiar el combustible gastado mientras están operando. Esto limita la eficiencia del reactor y también implica que tiene que salir de operación por periodos más largos que otros tipos de centrales nucleares.

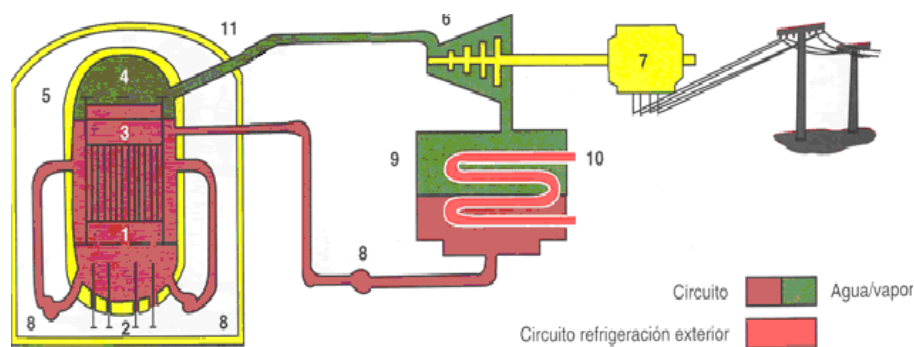
-El agua caliente del primario con bórato disuelto es corrosivo para el acero inoxidable, causando que

los productos de corrosión (que son radiactivos) circulen por el circuito primario. Esto limita la vida útil del reactor y además requiere de sistemas especiales para el filtrado de los productos de corrosión, lo cual incrementa el costo del reactor.

-El agua ordinaria es más absorbente de neutrones que el agua pesada. Por lo tanto al utilizar agua ordinaria como moderador es necesario utilizar uranio enriquecido como combustible, lo cual incrementa el costo del combustible. En el caso de los reactores que usan agua pesada, es posible utilizar uranio natural como combustible, pero el costo en este caso está en la producción del agua pesada.

-Reactores de agua en ebullición (BWR):

Como en el caso de los reactores PWR, también utilizan el agua como refrigerante y moderador y el dióxido de uranio como combustible.



1. Núcleo 2. Barras de control 3. Filtro
4. Secador 5. Vasija 6. Turbina
7. Alternador 8. Bomba 9. Condensador
10. Agua de refrigeración 11. Contención de hormigón

Se diferencian de los anteriores en que el generador de vapor se encuentra incorporado al reactor de forma que el agua refrigerante se convierte en el vapor que mueve la turbina. Por tanto sólo dispone de un circuito de refrigeración.

Ventajas:

-La vasija del reactor y sus componentes asociados operan a una presión notablemente baja (alrededor de 75 veces la presión atmosférica) en comparación con un PWR (unas 158 veces la presión atmosférica).

-La vasija del reactor está sometida a una irradiación notablemente menor en comparación con un PWR, y por tanto no se vuelve tan frágil con la edad.

-Opera con una temperatura del combustible nuclear menor.

-El rendimiento de este tipo de reactor es ligeramente superior al de los reactores PWR debido a la eliminación del intercambiador de calor entre los circuitos primario y secundario que necesita este último.

El reactor tiene un coeficiente de realimentación de potencia negativo fuertemente dominado por el coeficiente de realimentación por vacío (fracción de vapor en el reactor). Esto resulta en una característica de seguridad intrínseca de este tipo de reactores donde un evento que resultara en un incremento de potencia en el reactor se convertiría en un aumento de la proporción de vapor en el reactor. Debido al coeficiente de vacío negativo, esto resultaría en una tendencia a reducir la potencia del reactor. Esta característica, sumada al coeficiente de realimentación por temperatura que también es negativo hace que los BWR sean reactores muy estables y controlables.

Desventajas:

- Círculos operacionales complejos para manejar el uso del combustible nuclear en los elementos combustibles durante la producción de energía debido al flujo bifásico (líquido y vapor) en la zona superior del núcleo, y son necesarios más instrumentos en el interior del núcleo.
- Requiere de una vasija de presión mucho más grande que la de un PWR de similar potencia, lo cual redundaría en un mayor coste. (No obstante, los costes totales se ven reducidos debido a que los BWR modernos no poseen generadores de vapor y sus tuberías asociadas)
- Contaminación de la turbina por productos de fisión.
- Es necesaria protección y controlar el acceso a las turbinas de vapor durante su funcionamiento normal debido a los niveles de radiación provenientes del vapor, el cual entra directamente desde el núcleo del reactor. Además, se han de tomar precauciones adicionales durante las tareas de mantenimiento de la turbina en comparación con los PWR.
- Las barras de control se han de introducir desde abajo, y por tanto no podrán caer dentro del reactor por su propio peso en caso de una pérdida total de la potencia (en la mayoría de los demás tipos de reactores las barras de control están suspendidas por electroimanes, de tal manera que si hay una pérdida total de potencia estas caerán por su propio peso).

-Reactores refrigerados por gas:

Los reactores de alta temperatura refrigerados por gas (HTGR) se vienen desarrollando desde hace mucho tiempo, y aunque ya se han construido varias centrales prototipo o de demostración, no se ha logrado tener pleno éxito en su explotación. El HTGR es básicamente un reactor moderado por grafito con un gas (helio) como refrigerante. El gas He inerte y el diseño especial del combustible hacen posible su funcionamiento a temperaturas considerablemente superiores a las de los reactores refrigerados por agua, lo que permite, a su vez, producir a una temperatura (y presión) mucho más alta el vapor destinado a los generadores convencionales accionados por turbina de vapor, lográndose así una mejora considerable de la eficiencia de la central, o producir calor industrial en régimen de alta temperatura para aplicaciones especiales.

En los últimos años, los trabajos de desarrollo se han centrado en unidades modulares pequeñas, visto que los experimentos y análisis han demostrado que dichas unidades pueden lograr un grado excepcional de autoprotección.

El combustible HTGR no está contenido en agujas de combustible revestidas de metal, sino en partículas de combustible. Estas partículas miden entre 0,2 y 0,6 mm y consisten en una mezcla de óxido o carburo de uranio o torio o uranio/torio. A fin de retener los productos de fisión, cada partícula está revestida con varias capas de material cerámico resistente a altas temperaturas. Las partículas se dispersan de manera homogénea en una matriz de grafito que se comprime ulteriormente en elementos esféricos, bolas, o en forma de barras, que se introducen en los canales de combustible de un bloque de grafito de agujeros múltiples. Las partículas permanecen intactas y retienen prácticamente todos los productos de fisión hasta una temperatura de unos 1600 C. Estas partículas no se funden a una temperatura umbral dada y sólo fallan gradualmente en condiciones de accidente; por lo tanto, no se puede producir una liberación significativa de los productos de fisión.

Los futuros trabajos de desarrollo de los HTGR se centrarán en los estudios para mejorar el comportamiento y prolongar la vida útil de las centrales. Con respecto a lo primero, actualmente se realizan considerables esfuerzos en relación con el denominado ciclo de turbina de gas, en el que el gas en régimen de alta

temperatura pasa directamente a una turbina de gas, lo que permite obtener una eficiencia térmica muy elevada y prever costos energéticos reducidos, así como en lo que atañe a la producción de calor industrial en régimen de muy alta temperatura.

Ventajas:

- No se da radioactividad en el circuito de agua.
- No se necesita una protección biológica fuera del reactor.
- Fácil recarga de combustible
- Ocupan mucho espacio.

-Reactores rápidos

Los reactores rápidos utilizan neutrones rápidos en apoyo del proceso de fisión, contrariamente a los reactores refrigerados por agua y por gas, los cuales utilizan neutrones térmicos. Los reactores rápidos se conocen también generalmente como reproductores, ya que producen combustible, además de consumirlo. La reproducción de plutonio permite a los reactores rápidos extraer 60 veces más energía del uranio que los reactores térmicos por lo que podrán resultar económicos y ventajosos para los países que no disponen de abundantes recursos de uranio. El mayor despliegue de la energía nuclear conduciría probablemente a un agotamiento de los recursos de uranio, y puede que en la primera mitad del próximo siglo sea necesario recurrir a los reactores reproductores para producir material fisionable.

En el espectro de neutrones rápidos presentes en tales reacciones, todos los elementos transuránicos se vuelven fisionables, por lo que los reactores rápidos podrán contribuir igualmente al quemado del plutonio procedente de la explotación de otros tipos de reactores y del desmantelamiento de las armas nucleares, así como a la disminución del inventario total de transuránicos dentro del macrosistema, transmutándolos en energía y productos de fisión; la reelaboración y el reciclado del combustible en los reactores rápidos permitirán el quemado de los radionúclidos de período muy largo, reduciendo considerablemente el tiempo de aislamiento requerido en el caso de los desechos de actividad alta.

Los reactores rápidos están refrigerados normalmente por metal líquido (sodio), por lo que se denominan reactores rápidos refrigerados por metal líquido.

Los nuevos trabajos de desarrollo de los reactores rápidos se centran en los requisitos económicos y de seguridad revisados para la próxima generación de centrales nucleares. Prosiguen igualmente los trabajos encaminados a mejorar el grado de quemado y la tecnología de reciclado del combustible, a fin de reducir las cantidades de desechos radiactivos producidos en las centrales.

En este momento existen muy pocos países que tengan centrales nucleares con este tipo de reactores. En primer lugar, Francia con el Superphenix de 1200 MW funcionando en Crys-Malville, es la mayor central existente. Le sigue la antigua Unión Soviética con un proyecto de varias centrales con reactores de 600 MW, y finalmente Japón con una central de 300 MW.

-Central con reactor de agua pesada:

Este modelo prácticamente no se utiliza, fue desarrollado en Canadá y utiliza el uranio natural como combustible y como moderador, agua pesada. Como refrigerante se emplea agua pesada a presión, en el circuito primario y agua ligera en el circuito secundario.

-Central con receptores de seguridad pasiva:

Se encuentran en fase de desarrollo. Consisten en accionar los sistemas de seguridad por medios pasivos, basados en medios o principios físicos naturales como la gravedad, convección, etc. Con ello se evita cualquier error.

Funcionamiento, seguridad y partes de una central nuclear:

Las tres partes de una central nuclear son:

-Circuito primario:

El circuito primario es estanco y está formado por la vasija del reactor que contiene el núcleo, el presionador y tres lazos. Cada uno incorpora un generador de vapor y una bomba principal.

El agua desmineralizada que circula por su interior toma el calor producido en el reactor por la fisión nuclear y lo transporta hasta el generador de vapor. En él, un segundo flujo de agua independiente del primero, absorbe el calor a través de su contacto exterior con las tuberías por las que circula el agua desmineralizada del circuito primario. Dicho fluido retorna a la vasija del reactor tras ser impulsado por las bombas principales.

El reactor y su circuito de refrigeración están contenidos dentro de un recinto hermético y estanco, llamado "Contención". Este consiste en una estructura esférica de acero de 53 m de diámetro, construida mediante planchas de acero soldadas de 40 mm de espesor y que se soporta sobre una estructura de hormigón en forma de cúpula que se apoya sobre la losa de cimentación de 3'5 m de espesor.

La Contención está ubicada en el interior de un segundo edificio, también de hormigón y cuyas paredes exteriores tienen un espesor de 60 cm, llamado edificio del Anillo del Reactor. Este tiene forma cilíndrica y está rematado por una cúpula semiesférica, que sirve de blindaje biológico.

El funcionamiento del circuito primario se complementa con la presencia de una serie de sistemas auxiliares que aseguran el control de volumen, purificación y desgasificación del refrigerante.

La salida al exterior tanto de la radiación como de productos radiactivos es imposible por tres barreras físicas:

La primera barrera son las vainas que albergan el combustible. La segunda es la propia vasija del reactor integrada en el circuito primario y la tercera es el recinto de contención, estructura esférica de acero recubierto de hormigón.

Además de estas barreras, existe un conjunto de sistemas que han sido diseñados por si ocurriese un suceso no esperado durante el funcionamiento de la central, como un terremoto. Estos sistemas son:

-Sistema de protección del reactor: nos permite poder detener el reactor mediante la rápida inserción de las barras de control.

-Sistema de refrigeración de emergencia: se encarga de refrigerar el núcleo en caso de accidente con pérdida de refrigerante.

-Sistema eléctrico de emergencia: garantiza el suministro eléctrico para el funcionamiento de los sistemas y componentes de la central.

-Sistema de contención: mantiene dentro de los límites aceptables las descargas radiactivas al medio ambiente en caso de accidente.

Además, existen organismos de seguridad nuclear que se encargan de garantizar el correcto funcionamiento y planes de emergencia exterior.

-Circuito Secundario:

En el circuito secundario, el vapor producido en los generadores se conduce al foco frío o condensador, a través de la turbina que transforma la energía térmica en energía mecánica. La rotación de los álabes de la turbina acciona directamente el alternador de la central y produce energía eléctrica. El vapor de agua que sale de la turbina pasa a estado líquido en el condensador, retornando, mediante el concurso de las bombas de condensado, al generador de vapor para reiniciar el ciclo.

-Circuito de refrigeración:

Mediante un caudal de agua de 44.600 kg/s aportado por un tercer circuito semiabierto, denominado "Sistema de Circulación", se realiza la refrigeración del condensador.

Este sistema consta de dos torres de refrigeración de tiro natural, un canal de recogida del agua y las correspondientes bombas de impulsión para la refrigeración del condensador y elevación del agua a las torres.

El caudal de agua evaporado por la torre es restituido a partir de la toma de agua en un azud de un río próximo.

Residuos nucleares:

Los residuos nucleares o radiactivos son material de desecho generado en el ciclo nuclear, que comienza con la propia extracción del mineral utilizado en las centrales nucleares.

Los de baja y media actividad, proceden de aplicaciones no energéticas y se almacenan en vertederos nucleares, mientras que los de alta actividad, generados en las centrales nucleares, se confinan en piscinas especiales subterráneas que hay en las propias centrales.

Los residuos nucleares proceden de:

-De aplicaciones energéticas en las centrales nucleares. El mayor volumen de residuos radiactivos se produce en las etapas por las que pasa el combustible nuclear para producir energía eléctrica y en el desmantelamiento de las centrales nucleares. Todos estos residuos suponen alrededor del 95% de la producción total.

-De aplicaciones no energéticas. Derivan del uso de los isótopos radiactivos, fundamentalmente en tres tipos de actividades: investigación, medicina e industria.

El volumen de residuos radiactivos que generan es inferior al 10%.

Para clasificar los residuos radiactivos se puede atender a diversos criterios, como su estado físico (sólido, líquido y gaseoso), tipo de radiación emitida (alfa, beta, gamma), contenido en radiactividad, periodo de semidesintegración de los radionucleidos que contiene, generación de calor, etc. Los residuos radiactivos se clasifican en:

Residuos de baja y media actividad:

-Tienen actividad específica baja. -No generan calor. -Contienen radionucleidos emisores de radiaciones

beta-gamma con periodos de semidesintegración inferiores a 30. -Se almacenan en vertederos nucleares.

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, gamma y beta de vida larga en concentraciones apreciables. -Pueden desprender calor. -Se confinan en piscinas especiales subterráneas que hay en las propias centrales nucleares.

Otra forma de clasificarlos es basándonos a su peligrosidad, normalmente un residuo es más peligroso cuanto mayor sea su vida media.

-Almacenamiento de los residuos:

El principio que sigue el almacenamiento en vertederos de cualquier tipo de residuos es aislarlos del entorno humano, interponiendo entre ellos y las personas un sistema de barreras que impida su retorno para siempre, o que minimice los riesgos a un valor prácticamente nulo en el caso de retorno, aunque éste sea altamente improbable. Esto se llama confinamiento.

Para los residuos radiactivos el sistema de barreras debe mantener su eficacia hasta que la radiactividad haya disminuido por decaimiento radiactivo a los niveles fijados por las autoridades competentes. En este caso se elimina, pues, el concepto de perennidad que llevan consigo muchos residuos convencionales. Con independencia de los avances científicos que permitan, en el futuro, desarrollar tecnologías capaces de eliminar o disminuir la radiotoxicidad de estos residuos (como podría ser la separación y transmutación), actualmente está admitida y tipificada internacionalmente la estrategia a seguir para el almacenamiento final de los residuos radiactivos, es decir, para su confinamiento definitivo.

El peligro a evitar sería que el agua de lluvia o el agua subterránea entraran eventualmente en contacto con los residuos radiactivos, disolviera alguno de los radionucleidos presentes y los transportara al entorno humano. Para disipar este peligro, la estrategia se basa en:

-Hacer con los residuos paquetes insolubles y estables, capaces de resistir la agresión del agua durante largo tiempo

-Diseñar un recinto especialmente preparado para impedir que el agua pueda tener acceso a su interior, donde se colocarán definitivamente los paquetes

-Emplazar y construir el recinto en una formación geológica, superficial o profunda de la corteza terrestre, que pueda garantizar la integridad de los residuos durante el tiempo que se requiera, a la vez que impedir o retardar su retorno a la biosfera en el caso de un fallo, altamente imprevisible, de todo el sistema de barreras.

Almacenamiento de los residuos de baja y media actividad:

En el caso de los residuos de baja y media actividad, el paquete 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.

Los residuos de baja y media actividad procedentes de las centrales nucleares llegan 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 cemento o mortero. 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 están 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.

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.



Almacenamiento de los residuos de alta actividad:

El combustible gastado se extrae del reactor y se almacena temporalmente en una piscina de agua situada dentro de la central y construida de hormigón con paredes de acero inoxidable, creando así una barrera a las radiaciones sin peligro de escape.

— los residuos radiactivos de alta actividad están almacenados de forma segura y controlada. Aunque la capacidad de las piscinas puede ampliarse se contempla la construcción de almacenamientos temporales en seco dentro de la propia central, donde los elementos combustibles se alojan en contenedores especialmente diseñados al efecto, como complemento a las piscinas y como paso intermedio antes de definir un almacenamiento permanente.

La investigación sobre almacenamientos definitivos se desarrolla en numerosos países, algunos de los cuales, como Finlandia y EE.UU., han dado pasos muy importantes para su construcción y puesta en servicio. Los expertos coinciden en que la solución más aceptada es el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), generalmente en minas excavadas en formaciones geológicas estables.

Centrales nucleares en España:

En España hay siete centrales nucleares, aunque dos de ellas, Almaraz y Ascó tienen unidades gemelas, por lo que el número de reactores es de nueve.

Esos nueve grupos de producción de energía a eléctrica nuclear son de dos tipos distintos: de agua ligera a presión y de agua ligera en ebullición. Las centrales españolas producen en torno al 25 -30 % de la energía eléctrica que se consume en nuestro país, dependiendo del número y duración de sus paradas de recarga, que fluctúa de unos años a otros.

Centrales nucleares de España:

- Almaraz: Está situada en el municipio de Almaraz (Cáceres), en la comarca de La Vera. Dispone de un reactor de agua ligera a presión.
- Almaraz II: Situada al lado de Almaraz 1. Consta de un reactor de agua ligera a presión.
- Asc3: Situada a las orillas del río Ebro casi en la confluencia con el río Segre. Está compuesta por un reactor de agua ligera a presión.
- Asc3 II: Ubicada al lado de Asc3 1 consta de un reactor de agua ligera a presión.
- Vandell3s II: A 45 kilómetros al sur de Tarragona ubicada al lado de Vandell3s 1 que el 19 de octubre de 1989 tuvo un accidente grave que hizo que fuera cerrada en octubre de 1994. Posee un sistema nuclear de producción de vapor formado por un reactor de agua ligera a presión.
- Cofrentes: Situada en Valencia. Funciona mediante un sistema nuclear de producción de vapor formado por un reactor de agua ligera en ebullición.
- Santa María de Garoña: Ubicada en Burgos. Sistema nuclear de producción de vapor formado por un reactor de agua ligera en ebullición.
- José Cabrera (Zorita): Ubicada a 70 km de Madrid. Funciona con un sistema nuclear de generación de vapor mediante un reactor de agua ligera a presión. Tiene previsto ser cerrada en el 2006. Es la más antigua de España.
- Trillo: En la provincia de Guadalajara. Sistema nuclear de producción de vapor formado por un reactor de agua ligera a presión. Los ecologistas reclaman desde hace años su cierre por su escasa seguridad.

Â Â

Conclusiones personales:

Las centrales nucleares son la solución a los problemas energéticos, ya que el uso de los combustibles fósiles como fuente de energía perjudica mucho a la atmósfera con todos los efectos que ello conlleva y además cada día son más caros.

Las energías renovables son costosas, no todas son factibles en cualquier parte (necesidad de viento para las centrales eólicas) y un país como España no puede abastecerse solo con el uso de la energía proveniente de este tipo de energías.

Las centrales nucleares en cambio producen una gran cantidad de energía, a bajo costo y con el cuidado correspondiente también son limpias. Además, una central nuclear en buenas condiciones es perfectamente segura.

Creo que el uso combinado de las energías renovables y la nuclear será la mejor opción para un país.

como España y el mundo.

Bibliografía:

Apuntes facilitados por la profesora.

www.wikipedia.es

<http://es.geocities.com>

www.endesa.es

www.elmundo.es

<http://www.din.upm.es>

www.tecnun.es

<http://thales.cica.es>

<http://www.foronuclear.org/>

<http://www.greenpeace.org>

Documental de Telecinco sobre la central de Almaraz