



**Carrera:** Ingeniería Electromecánica

**Asignatura:** Ingeniería Electromecánica I

**Año:** 2024

**Grupo:** N°3

**Energías Renovables**

**Tema:** Energía Nuclear

**Integrantes:**

- Aguirre, Ian
- Córdoba, Luisina
- Fernández, Alejandro
- Fleita, Facundo
- Tamborelli, Patricio

**Profesores:**

- Ing. Bonaz, Valentín Oscar
- Ing. Ruiz, David

Introducción: .....	3
¿Qué es la Energía Nuclear o Atómica?.....	4
¿Es una energía Renovable y Limpia?.....	4
La Central Nucleoeléctrica: .....	5
Diferencia entre la Central Térmica Convencional y la Nuclear: .....	6
Elementos Importantes del Reactor Nuclear: .....	6
Combustible Nuclear: .....	6
Moderador: .....	7
Elementos de Control: .....	7
Fluido Refrigerante:.....	8
Reflector: .....	8
Blindaje:.....	8
Tipos de Reactores Nucleares:.....	9
Reactores Rápidos:.....	9
Reactores Térmicos: .....	10
Reactor de Agua en Ebullición (BWR):.....	10
Circuito Primario del BWR: .....	10
Circuito de Refrigeración:.....	10
Control de Potencia BWR: .....	10
Sistema de Supresión de Presión del BWR:.....	11
Protección Biológica: .....	11
Reactor de Agua a Presión (PWR): .....	11
Circuito Primario del PWR: .....	12
Circuito Secundario del PWR:.....	12
Control de Potencia PWR: .....	12
Recarga del Combustible: .....	12
Aspectos Positivos o Ventajas:.....	13
Desventajas y Desafíos:.....	13
Análisis de Eficiencia:.....	14
Conclusión: ¿Es la Energía del Futuro? .....	14
Bibliografía: .....	15

## **Introducción:**

La energía nuclear ha sido un tema de gran interés y debate desde su desarrollo a mediados del siglo XX. Su capacidad para generar grandes cantidades de electricidad con bajas emisiones directas de gases de efecto invernadero la posiciona como una opción atractiva en la lucha contra el cambio climático. Sin embargo, la energía nuclear también plantea una serie de desafíos y preguntas sobre su seguridad, sostenibilidad y viabilidad a largo plazo.

En el siguiente informe, exploraremos en profundidad la naturaleza de la energía nuclear, comenzando por definir qué es y discutiendo si puede considerarse una fuente de energía limpia y renovable. Luego, analizaremos el funcionamiento de una central nucleoelectrónica y compararemos este tipo de instalación con las centrales térmicas convencionales. Además, se examinarán los elementos clave que componen un reactor nuclear, así como los diferentes tipos de reactores que se utilizan en la actualidad.

El análisis en cuestión también incluirá una discusión sobre las ventajas y desventajas de la energía nuclear, abarcando aspectos como la eficiencia energética, los riesgos asociados y su impacto ambiental. Finalmente, se ofrecerá una visión prospectiva sobre el futuro de la energía nuclear, considerando tanto los desarrollos tecnológicos emergentes como las políticas energéticas globales.

Pretendemos proporcionar una visión integral y equilibrada de la energía nuclear, permitiendo al lector formarse una opinión informada sobre su papel en el futuro energético mundial.

## ¿Qué es la Energía Nuclear o Atómica?

La energía nuclear, también conocida como atómica, es la energía contenida en el núcleo de un átomo. Los átomos son las partículas más pequeñas en las que puede dividirse un elemento químico manteniendo sus propiedades, en el núcleo de cada átomo hay dos tipos de partículas, neutrones y protones, las cuales se mantienen unidas en el nucleón, la energía nuclear es la mantenida por estas partículas. Esta energía se puede utilizar para producir electricidad, pero para ello, primero debe ser liberada, se puede obtener de dos formas, por fusión y fisión nuclear.

En la fusión nuclear, la energía se libera cuando los núcleos de los átomos se combinan o se fusionan entre sí para formar un núcleo más grande, en otras palabras, dos núcleos muy ligeros se unen venciendo las fuerzas electrostáticas de repulsión, para formar un núcleo estable más pesado, con una masa ligeramente inferior a la suma de las masas de los núcleos iniciales, de igual manera en que el sol combina Hidrógenos para formar Helio, produciendo energía en forma de radiación electromagnética.

Por otro lado, en la fisión nuclear, los núcleos se separan para formar núcleos más pequeños, liberando energía, siendo la fisión nuclear utilizada en centrales nucleares donde se produce electricidad. En el proceso un núcleo pesado al ser bombardeado con neutrones se convierte en inestable y se descompone en dos núcleos cuyos tamaños son del mismo orden de magnitud, con gran desprendimiento de energía y la emisión de dos o tres neutrones. En una pequeña fracción de segundo, los núcleos que se han fisionado liberan una energía un millón de veces mayor que la obtenida al quemar un bloque de carbón.

Al producirse una de estas dos reacciones nucleares los átomos experimentan una ligera pérdida de masa, esta masa que se pierde se convierte en una gran cantidad de energía calorífica y radiación. Dicho fenómeno podemos entender por la ecuación  $E=\Delta mc^2$  (El aumento de energía causa un aumento directamente proporcional en la masa).

## ¿Es una energía Renovable y Limpia?

Partiendo de que la energía renovable es aquella que utilizan recursos energéticos o combustibles inagotables que tienen un tiempo de regeneración igual o menor al de su consumo. Podríamos relacionarlo con la energía nuclear, el cual su componente principal es el uranio. Sin embargo, por las características que este presenta, no se puede considerar a esta energía renovable.

La energía nuclear se obtiene gracias a la fisión de isótopos de uranio, exactamente del U-235 al ser el único que puede provocar la reacción de fisión nuclear. El uranio es un elemento químico que se encuentra en la naturaleza, es cierto que existen grandes reservas de uranio como por ejemplo la que se encuentra en el agua del mar, pero que no está siendo explotada al no ser económicamente rentables.

Así que, teniendo en cuenta la reservas que actualmente si se pueden explotar y el ritmo al que se consume el uranio, siendo mayor al de su generación natural, estaríamos ante una energía que no se puede renovar.

Por otro lado, si la relacionamos con las energías limpias, sus reactores solamente emiten vapor de agua a la atmósfera. Sin embargo, esta energía también genera residuos radiactivos, los cuales tienen que ser evaluados posteriormente en los cementerios nucleares para no suponer un peligro para el medioambiente. Por lo tanto, no se podría decir que es una energía 100% limpia.

Relacionando estas características, la energía nuclear no es una energía renovable, sin embargo, estas se encuentran en la misma lucha por la independencia de los combustibles fósiles.

La quema de combustibles fósiles ha aumentado la contaminación del aire, llevando a grandes tazas de mortalidad, como así también contribuyendo al aumento de la temperatura global.

Se considera que lo más realista es aumentar tanto la producción atómica como de renovables para acabar reduciendo a cero las de carbón, gas y petróleo. Así mismo, las renovables presentan una capacidad de generación limitada, requiriendo grandes cantidades de espacio y materiales, y dependientes de las condiciones climatológicas para alimentar la red. Dejando a la energía nuclear como la opción más viable.

### **La Central Nucleoeléctrica:**

Una nucleoeléctrica, es una central térmica de producción de electricidad. Su principio de funcionamiento es esencialmente el mismo que el de las plantas que funcionan con carbón, combustóleo o gas para la conversión de calor en energía eléctrica.

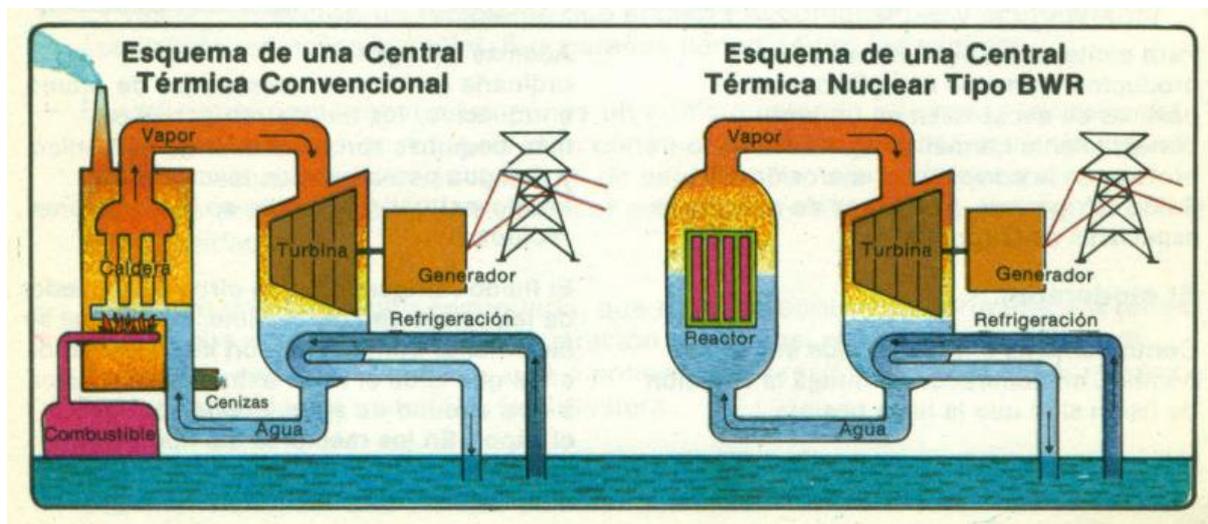
Esta conversión se realiza en tres etapas: En la primera, la energía del combustible se utiliza para producir vapor a elevada presión y temperatura. En la segunda etapa la energía del vapor se transforma en movimiento de una turbina. En la tercera, el giro del eje de la turbina se transmite a un generador, que produce energía eléctrica.

La transformación de energía térmica en otro tipo de energía tiene un rendimiento limitado por el Segundo Principio de la Termodinámica. Esto quiere decir que, por cada unidad de energía producida por el combustible, sólo una tercera parte se convierte en trabajo mecánico y se ceden al medio ambiente las dos terceras partes restantes en forma de calor. También cabe destacar que las centrales nucleares se diferencian de las demás centrales térmicas solamente en la primera etapa de conversión, es decir, en la forma de producir vapor.

## Diferencia entre la Central Térmica Convencional y la Nuclear:

En las centrales convencionales el vapor se produce en una caldera donde se quema de una forma continua carbón, combustóleo o gas natural. Además, depende de un dispositivo de inyección de combustible. Un sistema de inyección de aire para que el combustible pueda quemarse. Un sistema de eliminación de los gases producidos en la combustión, es decir, una chimenea. Un mecanismo de eliminación de cenizas cuando la central funciona con carbón. Y unos tubos por los que circula agua que al calentarse por la caldera se convierte en vapor.

Las centrales nucleoelectricas tienen un reactor nuclear, que equivale a la caldera de las centrales convencionales. El reactor no tiene sistemas de inyección continua de combustible y aire, tampoco se necesita un dispositivo de eliminación continua de residuos sólidos. Por otro lado, no se producen gases de combustión.



## Elementos Importantes del Reactor Nuclear:

Para explicar el funcionamiento de un reactor nuclear y el proceso de cada una de las etapas que conlleva, aquellas ya mencionado sobre centrales nucleoelectricas, se debe de comprender los elementos fundamentales de los que consta un reactor para su correcta eficiencia.

### Combustible Nuclear:

En las centrales nucleares el calor se obtiene a partir de la fisión del uranio, sin que se produzca combustión. Sin embargo, por analogía con las centrales térmicas convencionales, se le denomina combustible nuclear. El uranio se utiliza en su forma natural, de tal manera que contiene 0.7% de uranio-235 o bien en forma de uranio enriquecido, al que artificialmente se eleva la concentración de uranio-235, hasta un 3 o 4%.

El uranio natural se coloca en los reactores en forma de uranio metálico o de óxido de uranio (UO<sub>2</sub>), dispuesto en barras compactas o tubos de pocos centímetros de diámetro y bastante longitud. En el caso del uranio enriquecido se

utiliza en forma de óxido de uranio ( $UO_2$ ), con el que se fabrican pequeñas pastillas cilíndricas, normalmente de poco más de un centímetro de diámetro y longitud. Para contener en el combustible los productos formados en la fisión, las pastillas se encapsulan en un tubo perfectamente hermético, que además lo protege de la corrosión y la erosión del fluido refrigerante. El tubo es de aleaciones especiales de circonio (Zr).

### **Moderador:**

Para que el choque de un neutrón con un núcleo de uranio-235 pueda producir una fisión, es necesario que la velocidad del neutrón sea de 2 km/s, cuando el neutrón sale de un núcleo fisionado, lleva una velocidad de 20,000 km/s y es necesario frenarlo. Esta es la función del moderador, frenar neutrones sin absorberlos, para que pueda lograrlo con eficacia, el moderador debe concluir con ciertas condiciones, estas son, que tenga un peso atómico ligero, que no absorba neutrones y que tenga una elevada densidad atómica. Los moderadores más utilizados son el grafito, el agua ordinaria, el agua pesada y algunos líquidos orgánicos.

**Agua Ligera:** Posee buenas propiedades elásticas, frenando los neutrones rápidos, pero también capturando muchos de éstos. Por lo tanto, solo puede usarse en reactores nucleares de U enriquecido, donde se puede admitir la pérdida de neutrones rápidos. No se puede usar en cambio en reactores de U natural, ya que en los mismos es necesario aprovechar el máximo número de neutrones posible.

**Agua Pesada:** Está formada por dos átomos de deuterio y uno de oxígeno. Presenta casi las mismas propiedades físicas, termodinámicas y químicas que el agua ligera, pero se diferencia fundamentalmente en sus propiedades nucleares, por ejemplo, casi no absorbe neutrones, por lo que la hace indicada para usarse en reactores con uranio natural, esta hierve a  $101^\circ C$  y un litro pesa aproximadamente 1,1 kg.

**Grafito:** Es carbono puro, como moderador en cuatro veces inferior al del agua pesada, de manera que exige un reactor de mayor volumen. Es estable térmicamente, pero a temperaturas elevadas puede reaccionar con el  $O_2$  en el reactor, disminuyendo la eficiencia de la operación. También se pueden formar carburos después de reaccionar con algunos metales y óxidos. A pesar de no ser un metal, el grafito es buen conductor del calor, propiedad importante de los moderadores de neutrones. Los inconvenientes fundamentales es la posibilidad de oxidación en presencia de aire, baja resistencia y densidad. Sus dimensiones pueden cambiar bajo la influencia de las radiaciones en el reactor.

### **Elementos de Control:**

Un reactor nuclear funciona si su reactividad está por encima de su valor crítico. Esto se logra controlando la relación de neutrones producidos y perdidos. Esto

se logra controlando la relación de neutrones producidos y perdidos. Algunos elementos químicos como el boro y cadmio tienen la propiedad de absorber neutrones porque sus núcleos pueden contener un número de neutrones superiores al existente en su estado natural, resultando isótopos de boro y de cadmio.

### **Fluido Refrigerante:**

El fluido refrigerante tiene en los reactores nucleares la misma función que el agua que circula por una caldera convencional, evacuar el calor producido por el combustible para producir vapor. El fluido circula entre las barras de combustible impulsado por una bomba, este debe concluir con una serie de condiciones para que pueda cumplir su función de manera satisfactoria, no debe capturar neutrones, necesita tener un elevado calor específico y no ser corrosivo para los tubos, ni para otros elementos del reactor.

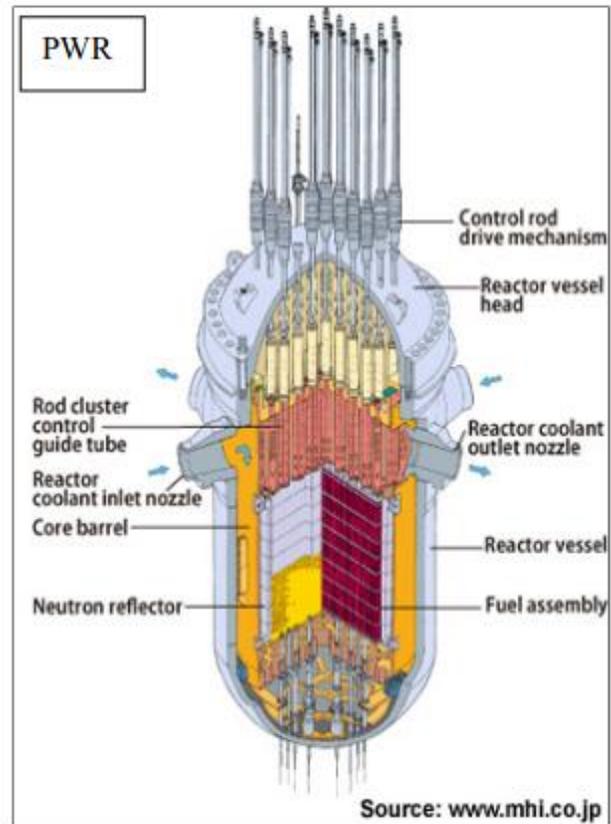
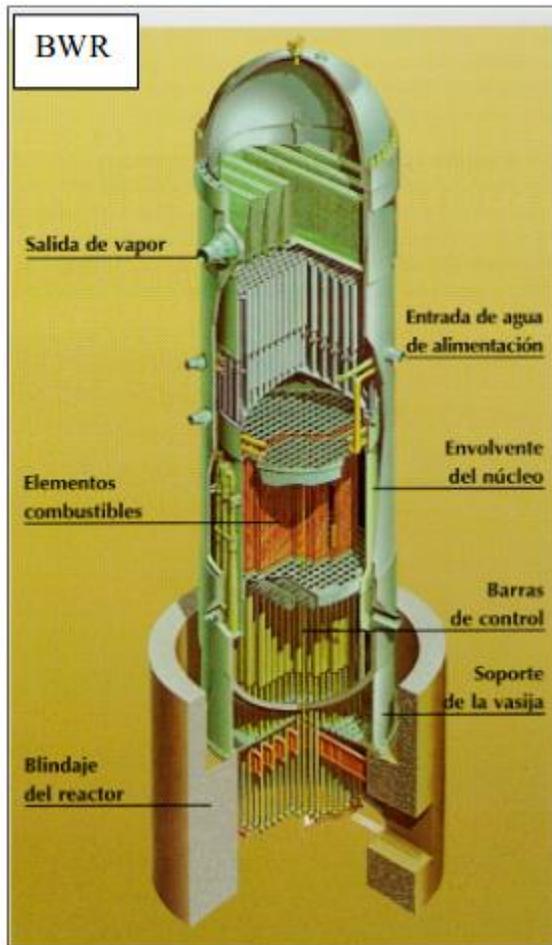
El fluido refrigerante, tras circular alrededor de las barras de combustible, con lo que se calienta, es conducido a un intercambiador en el que cede el calor extraído del reactor a otro circuito de agua, donde se produce el vapor. En los reactores del tipo de agua en ebullición (BWR), el vapor se produce directamente en el reactor.

### **Reflector:**

Es un elemento que refleja los neutrones producidos en la fisión, hacia dentro del reactor, evitando su escape, y así, de esta manera mejorando el rendimiento del combustible nuclear. Los materiales usados deben tener baja absorción de neutrones y alta reflexión, tales como el agua liviana y pesada, grafito, berilio, plomo, acero.

### **Blindaje:**

Cuando un reactor nuclear está en operación, produce todas las formas de radiación atómica. Los rayos alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) emitidos tienen relativamente poco poder de penetración y no causan grandes problemas, pero los rayos gamma ( $\gamma$ ) y los neutrones tienen una gran penetración, la radiación producida es unas más grande que el nivel de radiación que una persona puede tolerar en un corto tiempo. Por esta razón se necesita de este sistema de seguridad, que evita el escape de radiación gamma y neutrones, asegurando resistencia material frente a impactos.



## Tipos de Reactores Nucleares:

Como bien sabemos en estos reactores se lleva a cabo el proceso de la fisión nuclear en las centrales nucleoelectricas. Es importante conocer el tipo de central nuclear, ya que dependiendo de cual se trate coexisten diferentes circuitos, estos son, primario, secundario y de refrigeración para condensar el vapor a la salida de la turbina. Por ende, los reactores y centrales se clasifican en térmicos y rápidos, respecto a la velocidad de los neutrones que producen las reacciones de fisión.

### Reactores Rápidos:

Son un tipo de reactor nuclear en el que la fisión es mantenida por neutrones rápidos, por lo que no requieren un moderador, a diferencia de los reactores térmicos. Estos reactores utilizan como combustible una combinación de óxidos de uranio y plutonio en su zona central, rodeada por una capa de óxido de uranio empobrecido, gracias a esta configuración y al uso de refrigerantes que no moderan neutrones, como el sodio líquido, se logra que en la capa de uranio-238 que rodea el combustible se genere más plutonio del que se consume en la zona central. Este plutonio-239 producido puede ser utilizado en otros reactores, tanto rápidos como térmicos, por ello, estos reactores son conocidos también como reactores reproductores, ya que permiten un mejor aprovechamiento de los recursos de uranio disponibles

### **Reactores Térmicos:**

Los reactores nucleares térmicos son los más comunes y se clasifican de acuerdo con el tipo de moderador empleado, en reactores de agua ligera, agua pesada y grafito. Por ejemplo, el LWR-Light Water Reactor (Reactor de agua ligera), utiliza agua ligera como refrigerante y moderador, su combustible es el uranio enriquecido. Dentro de los parámetros del LWR, los más utilizados son, BWR-Boiling Water Reactor (Reactor de agua en ebullición) y PWR-Pressure Water Reactor (Reactor de agua a presión).

#### **Reactor de Agua en Ebullición (BWR):**

Este reactor fue desarrollado por General Electric y es uno de los tipos más comunes de reactores nucleares, representando aproximadamente el 15% de todos los reactores, utiliza dióxido de uranio ( $UO_2$ ) enriquecido como combustible y agua ligera como moderador, refrigerante y fluido de trabajo.

**Circuito Primario del BWR:** En el reactor BWR, la fisión del uranio dentro de la vasija genera calor, que es absorbido y transportado por el refrigerante, impulsado a través del sistema de tuberías por una bomba, a diferencia del PWR, el refrigerante en el BWR opera a una presión más baja, aproximadamente 75 atmósferas, lo que permite que alcance su punto de ebullición a unos  $280^{\circ}C$  al pasar por el núcleo del reactor, como resultado, parte del líquido se convierte en vapor, que luego se separa y se seca antes de ser conducido directamente a la turbina de vapor para la generación de electricidad.

**Circuito de Refrigeración:** Su utilidad es condensar el vapor de agua que sale de la turbina, este proceso requiere un circuito de agua que fluye a través del interior del condensador, extrayendo el calor del vapor para convertirlo nuevamente en agua. Para mantener la temperatura del agua de refrigeración en niveles adecuados, se emplea un sistema de ciclo abierto, generalmente utilizando agua de un río o una represa. El agua es impulsada por bombas hacia el condensador y luego regresa al río. Otras características de estos reactores se deben a que las barras de control se introducen por la parte inferior de la vasija, ya que el acceso desde la parte superior está bloqueado por los separadores y secadores de vapor. Además, el ácido bórico no se utiliza para el control continuo de la reactividad, lo que es ventajoso debido a su alta corrosividad y a la eliminación del sistema de regulación de su concentración. Sin embargo, la mayoría de los reactores BWR comerciales cuentan con un sistema de apagado de emergencia que inyecta ácido bórico en el refrigerante del circuito primario.

**Control de Potencia BWR:** Se maneja mediante el movimiento de las barras de control y la regulación del caudal del refrigerante. Con las barras totalmente extraídas, la potencia del reactor se puede ajustar entre el 30% y el 100% de su capacidad nominal modificando el flujo de agua, aumentar el flujo de agua elimina de manera más rápida las burbujas de vapor, incrementando la cantidad de agua líquida en el reactor, lo que mejora la moderación de neutrones, aumenta la fisión y elevando



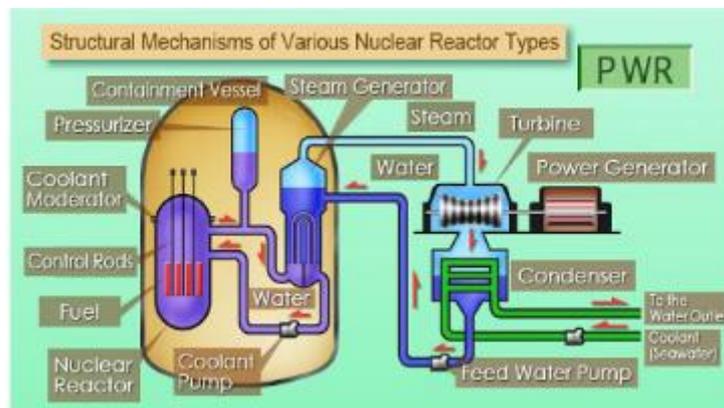
**Circuito Primario del PWR:** Es el responsable de transportar y controlar el calor generado por la fisión nuclear, el calor se transfiere desde el combustible nuclear al refrigerante agua a través de la vaina del combustible. El agua, que circula a alta presión, alrededor de 150 atmósferas para evitar que hierva, alcanza una temperatura de aproximadamente 310°C. Está impulsado por una bomba centrífuga de alto flujo que no solo transporta el calor, sino que también ayuda a controlar la temperatura del reactor. Un presurizador en el circuito mantiene la presión estable mediante calentadores eléctricos y boquillas de aspersion que equilibran la presión según sea necesario, si la presión baja, los calentadores se activan para vaporizar agua y restaurar la presión, por otro lado, si la presión es demasiado alta, el vapor se condensa con agua fría para reducirla. El refrigerante caliente del circuito primario fluye a través de un generador de vapor, donde transfiere su calor a un circuito secundario. En este proceso, el agua del circuito secundario, que está a una presión menor, se convierte en vapor, que luego es utilizado para generar electricidad.

**Circuito Secundario del PWR:** Tiene la función de convertir la energía térmica en energía mecánica. El vapor generado en el generador del circuito primario se dirige a una turbina, donde su energía térmica se convierte en energía mecánica para generar electricidad, después de pasar por la turbina, el vapor es enfriado en un condensador, donde se transforma de nuevo en agua, esta es recirculada de regreso al generador de vapor para repetir el ciclo. Es importante destacar que el agua del circuito secundario nunca se mezcla con la del circuito primario, que es radiactiva. En la mayoría de los diseños, la presión en el circuito secundario es de aproximadamente 60 atmósferas y la temperatura del vapor es de unos 275 °C. Dado que los circuitos primario y secundario son independientes, la turbina puede estar situada fuera de la zona de protección biológica del reactor. El circuito de refrigeración para condensar el vapor en agua es el mismo al del BWR, por ende, no es mencionado.

**Control de Potencia PWR:** Se realiza principalmente ajustando la concentración de ácido bórico en el refrigerante del circuito primario. El boro es un absorbente eficaz de neutrones, por lo que al aumentar o disminuir su concentración se puede regular la cantidad de neutrones en el reactor, y, por tanto, la potencia generada. Además, el reactor utiliza barras de control que se insertan desde arriba entre los elementos combustibles, estas barras se emplean principalmente durante las operaciones de arranque y parada del reactor, a diferencia de otros reactores como el BWR.

**Recarga del Combustible:** Dicha recarga se realiza al final de cada ciclo de operación, que dura entre 12 y 24 meses, durante este proceso, el reactor se detiene para retirar los elementos combustibles más gastados y reemplazarlos con nuevos o más frescos, que representan aproximadamente un tercio del total. Debido a esto, al inicio de un nuevo ciclo, el reactor tiene un exceso considerable de reactividad. El combustible irradiado se coloca en una piletta de enfriamiento, donde permanece hasta que su radiactividad disminuye lo suficiente para permitir su procesamiento. El tamaño del recipiente del reactor varía según la potencia de la

central, con diámetros interiores que van desde 3.3 metros para centrales de 500-600 MW hasta 4.4 metros para centrales de 1000-1100 MW, y un espesor que varía entre 10 y 130 mm, la altura total del recipiente es de unos 13 metros, También cabe destacar que un reactor PWR tiene una eficiencia térmica aproximadamente del 33%, igual a la de un BWR.



### Aspectos Positivos o Ventajas:

Entre las ventajas de este medio de generación de energía está que emiten relativamente pocos gases de efecto invernadero, aproximadamente 66 gramos CO<sub>2</sub>/KWh, por lo que el factor eco sustentable está presente.

A diferencia de la mayoría de las energías renovables como la eólica o la fotovoltaica, la energía nuclear puede estar en producción de manera continua, cuenta con una producción prácticamente constante, ya que la central solo interrumpe su funcionamiento para el mantenimiento de esta. Se podría decir que este tipo de energía está siempre funcionando a pleno rendimiento. Por otro lado, el espacio que utiliza es considerablemente menor a las granjas fotovoltaicas, plantas hidroeléctricas o los parques eólicos para producir la misma cantidad de energía.

La tecnología utilizada en una planta nuclear permite reducir los residuos generados, de forma que sean menores a los de la mayoría de las otras fuentes de energía no renovable. Por último, también se tiene que la tecnología para la producción de energía nuclear sigue en evolución, por lo que aún muestra capacidad para incrementar su eficiencia y sustentabilidad.

### Desventajas y Desafíos:

Se menciona que el sistema de manejo de residuos en la producción de energía nuclear es sumamente efectivo. Sin embargo, los residuos generados están entre los más nocivos para el medio ambiente, ya que la vida útil del uranio puede llegar a milenios y se requiere por lo menos un siglo para que un área con residuos nucleares quede completamente descontaminada.

Como el uranio no es un recurso renovable, no es posible pensar en que algún día reemplace a todas las energías de combustibles fósiles. Asimismo, la

construcción e inicio de operaciones de una planta nuclear puede tardar entre 5 y 10 años.

Existe un riesgo que implica posibles desastres ecológicos que atentan contra la vida en las cercanías de los reactores. En los peores casos la contaminación puede viajar a través de continentes enteros.

No son muchas las desventajas, aunque son muy graves, puesto que un accidente en una central nuclear acaba destruyendo todo el entorno de esta, además de atentar contra la salud de las personas que vivan en ese territorio durante grandes periodos de tiempo.

### **Análisis de Eficiencia:**

Para dicho análisis, se tiene en cuenta un enfoque más económico, donde se definirá la eficiencia energética como la capacidad de generar ingresos con una menor necesidad de producción energética. Para conocer la eficiencia energética de la energía nuclear frente a otras fuentes de energía, desde una perspectiva de finanzas públicas, se usa el costo unitario de operación y mantenimiento de la generación eléctrica.

$$\text{CUOM} = \frac{\text{Gasto en OM}}{\text{Generación Eléctrica}}$$

Las siglas OM indican el gasto en operación y mantenimiento para la generación de energía, este indicador se interpreta como las unidades monetarias necesarias para la operación y mantenimiento de una unidad energética.

### **Conclusión: ¿Es la Energía del Futuro?**

Si bien hace algunos años el futuro de la energía nuclear podría ser incierto, hoy en día con más avances a su disposición, se ve prometedor, pero también complejo. Sus principales desafíos son técnicos, económicos, ambientales y sociales o de percepción pública, aun así, esta energía sigue siendo una opción viable para una matriz energética baja en carbono. Las innovaciones tecnológicas, como los SMR (Reactores Modulares Pequeños, son reactores nucleares avanzados con una capacidad de potencia de hasta 300 MW(e) por unidad), la fusión nuclear y los reactores de cuarta generación, junto con mejoras en la gestión de residuos, podrían lograr que la energía nuclear sea más segura, asequible y aceptada en el futuro. Respecto con las energías renovables, la energía nuclear puede desempeñar un papel crucial en la transición hacia un sistema energético global más sostenible y resistente.

## **Bibliografía:**

<https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2020/10/Apuntes-nuclear-1.pdf>

<https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apuntes-de-CENTRALES-NUCLEARES-2.pdf>

<https://www.csn.es/documents/10182/927506/La+energ%C3%ADa+nuclear+%28Monograf%C3%ADa%29>

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-60948209>

[¿La ENERGÍA NUCLEAR es RENOVABLE o no? \(ecologiaverde.com\)](http://ecologiaverde.com/la-energia-nuclear-es-renovable-o-no/)

[ENERGÍA NUCLEAR \(aprendemostecnologia.org\)](http://aprendemostecnologia.org/energia-nuclear/)

[https://www.youtube.com/watch?v=I4Njnw9G\\_n0](https://www.youtube.com/watch?v=I4Njnw9G_n0)