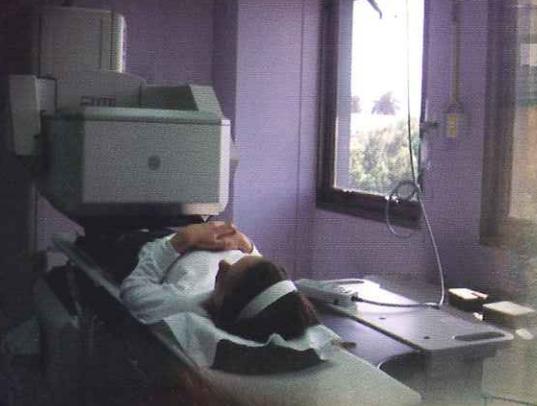


# COMISIÓN CHILENA DE ENERGÍA NUCLEAR

## RESPUESTAS A 18 INTERROGANTES NUCLEARES



GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN CHILENA  
DE ENERGÍA NUCLEAR

## CONCEPTOS

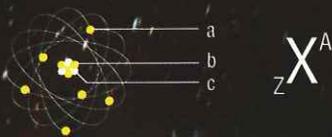
### 1 ¿QUÉ ES LA ENERGÍA NUCLEAR?

La energía nuclear es aquella que se libera como resultado de cualquier reacción nuclear. Esta energía puede obtenerse por fisión (división de los elementos pesados) o por fusión (unión de núcleos muy livianos). En las reacciones nucleares se libera una extraordinaria cantidad de energía y ella es debido a que en dicha reacción se produce una disminución de masa que se transforma directamente en energía. En relación a la liberación de energía, una reacción nuclear es un millar de veces más energética que una reacción química, producida por ejemplo en la combustión de un combustible fósil como el (CH<sub>4</sub>) metano.

### 2 ¿QUÉ ES UN ÁTOMO?

Es la unidad básica de la materia con características propias. Está formado por un núcleo donde se encuentran protones, de carga eléctrica (+) y neutrones, partículas sin carga. Alrededor del núcleo giran los electrones de carga (-) en diferentes niveles energéticos.

**UN ÁTOMO** a: Electrón / b: Protón / c: Neutrón



El átomo está caracterizado por su número atómico y número másico. El número atómico (Z) es igual al número de protones y el número másico (A) del átomo es la suma de los protones y sus neutrones.

### 3 ¿QUÉ ES LA RADIATIVIDAD?

Es la emisión de energía por la desintegración de núcleos de átomos inestables. La energía emitida son partículas u ondas electromagnéticas, que ionizan el medio que atraviesan.  $\ominus$  sea tienen la capacidad para arrancar electrones de los átomos con los que chocan. Las desintegraciones radiactivas de acuerdo a su poder de penetración se caracterizan en varios tipos de radiaciones: alfa, beta, gamma y neutrones.

#### La Radiación Alfa:

Son partículas de carga positiva análoga a un núcleo de helio, produce una elevada ionización, tiene corto recorrido (2 cm en el aire). En su interacción con el cuerpo humano no son capaces de atravesar la piel.

#### La Radiación Beta:

Son partículas del tamaño de un electrón, menor ionización que la alfa debido a su pequeña masa, tiene un recorrido de metros en el aire. En el cuerpo humano pueden llegar a sobrepasar la piel pero no sobrepasan el tejido subcutáneo.

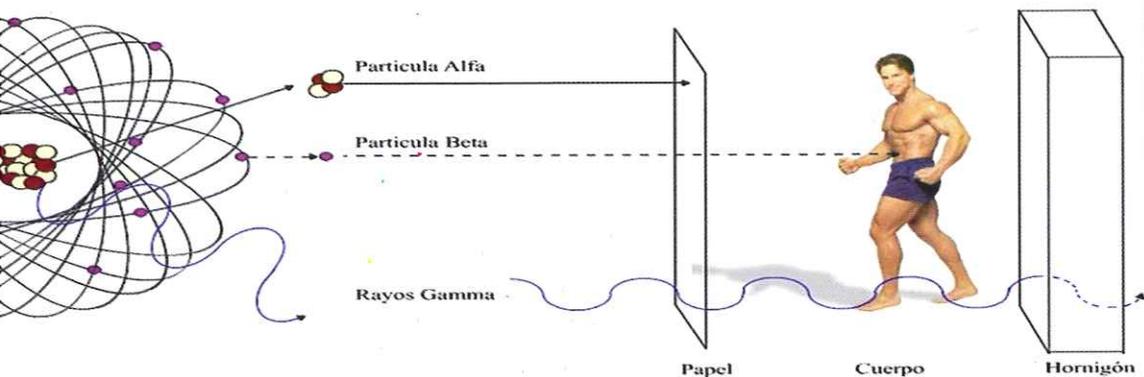
#### La Radiación Gamma:

Es radiación electromagnética muy energética, tiene un poder de penetración mucho mayor que la radiación alfa y beta, puede atravesar el cuerpo humano. Se requiere de 1 m de espesor de hormigón armado o pocos cm. de plomo para detenerla.

#### Los Neutrones:

Proceden de reacciones de fisión o de reacciones nucleares con otras partículas. Pueden ser muy penetrantes debido a que no tienen carga, su mayor cualidad es la de producir elementos radiactivos al interactuar con elementos estables.

## RADIATIVIDAD

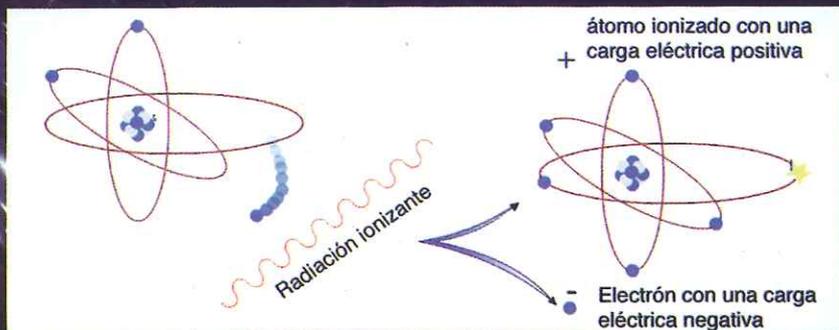


## 4 ¿QUÉ SON LAS RADIACIONES IONIZANTES?

Se llama radiaciones ionizantes porque tienen la suficiente energía como para arrancar electrones de los átomos haciéndolos que queden cargados eléctricamente convirtiéndolos en iones. Este efecto podría provocar reacciones químicas y de esta forma,

afectar algunas moléculas complejas que son de importancia para la vida. Desde que el hombre habita en la tierra, la exposición a las radiaciones es inevitable. Hay muchas fuentes de exposición:

Los Radionucleidos que se encuentran en la naturaleza y están presentes en nuestra tierra, Uranio ( $^{238}\text{U}$ ), Torio ( $^{232}\text{Th}$ ), en los materiales de construcción, Uranio ( $^{238}\text{U}$ ) y Radón ( $^{222}\text{Rn}$ ), en el aire, Carbono ( $^{14}\text{C}$ ), en los alimentos, Estroncio ( $^{90}\text{Sr}$ ), en el agua, Oxígeno ( $^{18}\text{O}$ ) y hasta en nuestro propio cuerpo Potasio ( $^{40}\text{K}$ ), Radio ( $^{226}\text{Ra}$ ).



## 5 ¿QUÉ ES EL URANIO?

El Uranio fue descubierto por Kaloproth en el año 1789. Su nombre se debe al planeta Uranio descubierto pocos años antes.

El Uranio es un elemento químico que está clasificado por sus características como un elemento metálico y de acuerdo a su distribución como un elemento de transición, además es un elemento radiactivo y se encuentra en la naturaleza en tres isótopos: Uranio-235, Uranio-234, Uranio-238.

En el ámbito de su uso tiene la particularidad que al interactuar con un Neutrón (partícula elemental) es posible fisiónarlo liberando una gran cantidad de energía. Por esta razón, el isótopo de Uranio-235 es usado como combustible en reactores nucleares.

## 6 ¿QUÉ ES LA FISIÓN NUCLEAR?

Es una reacción nuclear en la que tiene lugar la rotura de un núcleo pesado.

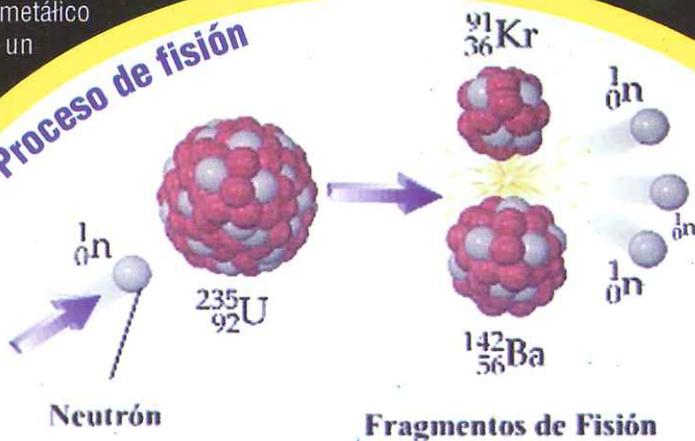
A raíz de esta escisión el núcleo se separa en 2 fragmentos acompañado de radiación, emisión de 2 ó 3 neutrones y liberación de gran cantidad de

energía (200 Mev.), que se transforma finalmente en calor.

Los neutrones que escapan de la fisión, al bajar su energía, están en condiciones de fisiónar otros núcleos pesados (U-235), produciendo una reacción nuclear en cadena.

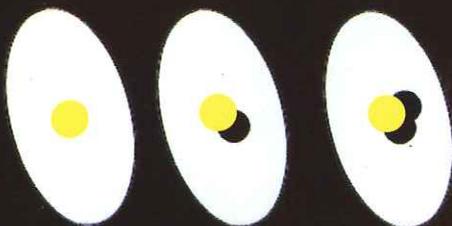
El proceso de fisión permite el funcionamiento de los actuales reactores nucleares.

Proceso de fisión



## 7 ¿QUÉ SON LOS ISÓTOPOS?

Son elementos que tienen el mismo número atómico, o sea la misma cantidad de protones pero diferente número másico o diferente cantidad de neutrones en el núcleo. Esto significa que, dentro de cada elemento químico existen varias especies atómicas que difieren en su masa atómica. Estas especies de un mismo elemento se llaman Isótopos, nombre que alude (isos=igual; topos=lugar) a que estos átomos ocupan el mismo lugar en la tabla periódica de los elementos. Cuando los isótopos son producidos en los reactores nucleares de investigación reciben el nombre de radioisótopos. Ej: El Hidrógeno tiene 3 isótopos, el Protio carece de neutrones, el Deuterio posee un Neutrón, y el Tritio posee 2 neutrones.



Protio  
 ${}_1\text{H}^1$

Deuterio  
 ${}_1\text{H}^2$

Tritio  
 ${}_1\text{H}^3$

○ Neutrón

● Protón

## 8 ¿QUÉ SON LOS RAYOS X?

En el año 1895 el físico alemán Wilhelm Roentgen descubre los rayos X en el transcurso de una experiencia que llevaba a cabo con rayos catódicos. Observó fluorescencias en una pantalla de Platino-Cianuro de Bario ubicada cerca del equipo experimental, al cubrir un tubo de rayos catódicos con una cartulina negra.



Los rayos X son producidos cuando un haz de electrones previamente acelerados por una diferencia de potencial de varios miles de volts inciden sobre un blanco metálico llamado antiánodo (A).



Los rayos X se utilizan para diagnósticos médicos pues la mayor absorción por parte de los huesos en comparación con los otros tejidos permiten obtener imágenes muy nítidas del cuerpo humano.

### Datos de interés:

Los rayos X pueden abarcar una gama de longitudes de ondas entre  $10^{-4}$  y  $6 \times 10^{-12}$  m aproximadamente, es decir, frecuencias entre  $3 \times 10^{17}$  Hz y  $5 \times 10^{19}$  Hz. La energía de los fotones producidos van desde  $1,2 \times 10^3$  eV hasta  $2,4 \times 10^5$  eV aproximadamente.



## 9 ¿QUÉ ES LA FUSIÓN NUCLEAR?

Es una reacción nuclear que consiste en la unión de átomos livianos para producir otros núcleos de átomos más pesados, liberándose gran cantidad de energía. Estas reacciones ocurren constantemente en el sol y en las estrellas. En la tierra se está pretendiendo reproducirla para poder disponer en un futuro, de una fuente más de energía que solucione los problemas de abastecimiento energético.

Los elementos atómicos generalmente empleados en estas reacciones nucleares son las de elementos livianos, entre ellos el hidrógeno y sus isótopos: el Deuterio (D) y el Tritio (T), son los más idóneos pudiendo reaccionar de la siguiente forma:

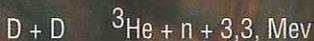
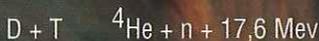


Diagrama Conceptual de un Reactor de Fusión (TOKAMAK)

Bobina de transformador  
(Circuito Primario)

Transformador Férrico

Bobina del campo Toroidal

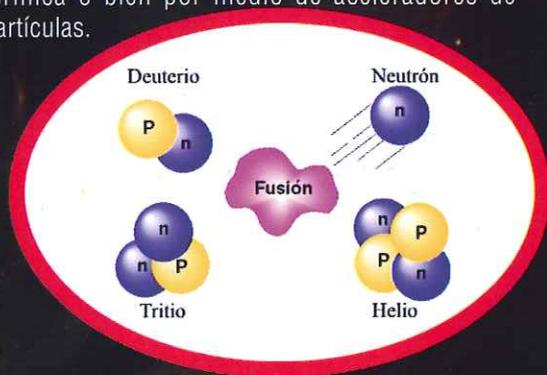
Campo Magnético Poloidal

Campo Magnético Toroidal

Corriente del Plasma  
(Circuito Secundario)

Resultante del campo magnético Helicoidal

Las condiciones necesarias pero no suficientes, para que en el medio con D+T (Deuterio + Tritio) o D+D (Deuterio + Deuterio) produzcan suficientes fusiones y puedan funcionar como un reactor productor de energía son : temperaturas del medio del orden de 45 millones de °C para el D+T y de 400 millones de grados para el D+D, y que el medio se deba confinar durante un cierto tiempo para que puedan producirse suficiente número de fusiones y por lo tanto energía. La fusión nuclear libera una energía tan elevada que en la actualidad se estudian formas adecuadas para mantener la estabilidad y confinamiento de las reacciones. La energía necesaria para lograr la unión de los núcleos se puede obtener utilizando energía térmica o bien por medio de aceleradores de partículas.



# 10 ¿QUÉ SON LOS RESIDUOS RADIATIVOS?

Se considera residuo radiactivo a cualquier material que contiene o está contaminado por radionucleidos, en concentraciones superiores a las establecidas por las autoridades en la materia, para el cual no está previsto ningún uso.



Bidones conteniendo residuos radiactivos de baja actividad inmovilizados con cemento.

Los residuos se clasifican en residuos de **baja actividad, media actividad y de alta actividad** con el objetivo primordial de gestionar su disposición definitiva en los lugares o instalaciones más adecuadas para cada tipo de residuos. Para realizar esta clasificación se toman en cuenta los siguientes parámetros:

## Estado físico:

Sólido, líquido y gaseoso.

## El período de semidesintegración:

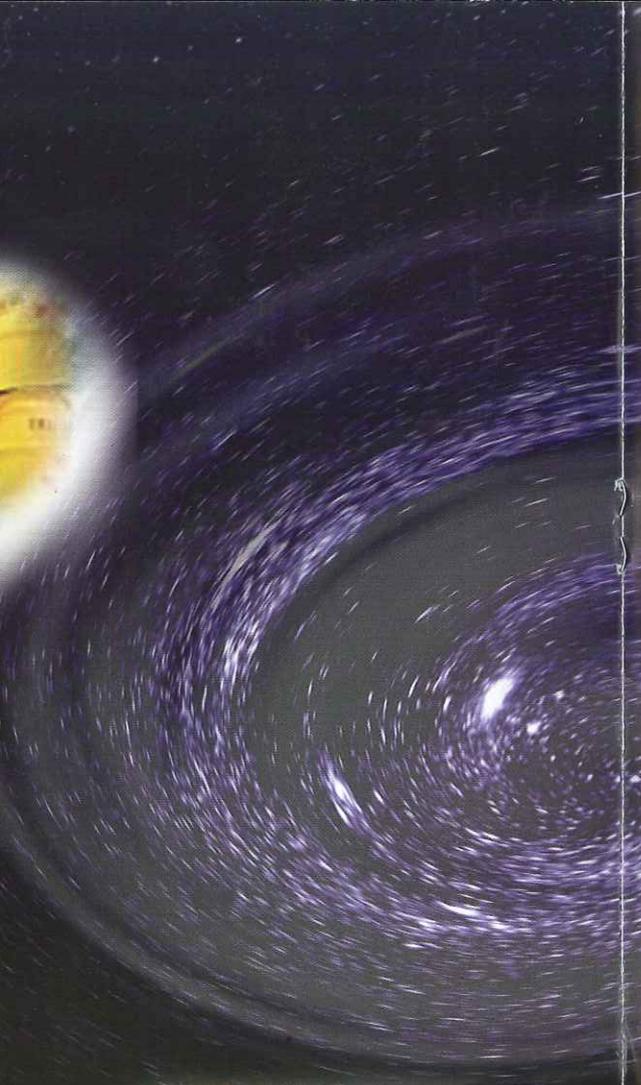
Que da idea de la vida radiactiva del residuo.

## La actividad específica:

Da el N° de desintegraciones nucleares por unidad de tiempo y por unidad de masa.

## Naturaleza de la radiación:

Que condiciona las barreras de protección, los sistemas de manejo de los residuos y su lugar de almacenamiento.



Almacenamiento experimental de residuos radiactivos de baja actividad en la mina de sal de asse (Alemania)

# INSTALACIONES NUCLEARES

## 11 ¿QUÉ ES UN REACTOR NUCLEAR?

Es una instalación en la que se producen reacciones nucleares en forma controlada y bajo estrictas normas de seguridad nuclear y protección radiológica.

Los tipos más importantes de reactores nucleares son:

### **Reactores de Investigación:**

Concebidos con fines de investigación y docencia; su objetivo fundamental es producir radioisótopos o hacer estudios de materiales. Estos reactores utilizan el gran flujo de neutrones producidos por la fisión.



Sala de control del reactor del Centro de Estudios Nucleares  
La Reina.

### **Reactores de potencia**

Concebidos para producir energía eléctrica, desalinización de agua de mar, calefacción y en forma motriz para propulsión naval. En estos reactores se utiliza la energía producida por la fisión de los átomos de  $U^{235}$ .



## 12 ¿QUÉ ES UN CICLOTRÓN?

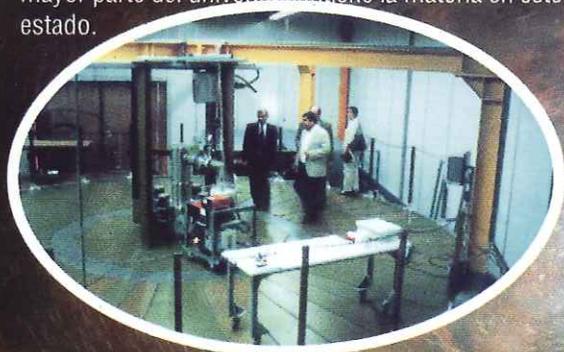
El Ciclotrón es una instalación que mediante la aceleración de partículas se inducen reacciones nucleares para producir elementos radiactivos artificiales, (F-18, Ga-67, Talio-201, entre otros), éstos al ser usados como trazadores permiten marcar sustancias, como la glucosa, las cuales al ser utilizadas en un equipo tomógrafo de emisión de positrones es posible realizar diagnósticos clínicos de gran precisión. Existe una diversidad de patologías que son posible diagnosticar con una alta eficiencia debido a su mayor sensibilidad y especificidad: Detección precoz de cáncer, patologías cardíacas, respiratorias, hepáticas, gastrointestinales entre muchas otras. Además, dispone de otras facilidades experimentales a tecnologías asociadas. En un diagnóstico clínico, el Ciclotrón produce los radioisótopos y un equipo captura la emisión de positrones (PET) y genera las imágenes para que el facultativo realice la interpretación y determine el diagnóstico.

Un Positrón es un electrón con carga eléctrica positiva, o sea antimateria.

## 13 ¿QUÉ ES EL SPEED 2?

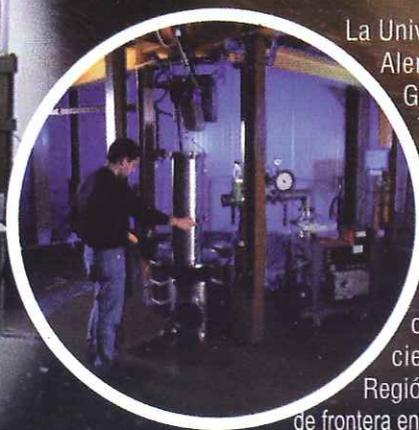
El speed 2 (Schnelle Pinchentladungs Experimente Dusseldorf) es un generador de potencia pulsada que almacena 187.000 joule de energía eléctrica y la transforma en un pulso de corriente de 4.000.000 de amperes que viaja al centro del equipo, para producir plasma ( fusión termonuclear)

El plasma es un gas a alta temperatura de partículas cargadas (iones) y partículas neutras. Se dice que el plasma es el cuarto estado de la materia y que la mayor parte del universo contiene la materia en este estado.



Las investigaciones que realiza la Comisión Chilena de Energía Nuclear en esta materia tienen por objetivo sumarse al ámbito internacional en la búsqueda de una fuente de energía para asegurar las demandas mundiales, con una alternativa limpia, segura y de un costo razonable como es la fusión termonuclear.

La Universidad de Dusseldorf de Alemania, donó el equipo al Grupo de Física y Tecnológica de Plasmas de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, luego de estar 14 años operando en esa Universidad en Alemania. El equipo está otorgando la posibilidad a científicos chilenos y de la Región de efectuar investigación de frontera en el área de fusión termonuclear.



## 14 ¿QUÉ ES UN REACTOR NUCLEAR DE POTENCIA?

Es una instalación capaz de iniciar, mantener y controlar una reacción de fisión en cadena, con los medios adecuados para extraer el calor generado, con la finalidad de producir energía eléctrica. Los Reactores Nucleares de potencia son capaces de producir grandes cantidades de energía eléctrica. Una unidad es capaz de generar 1000MWe, (el año 2003, Chile tenía una capacidad eléctrica instalada de aproximadamente de 9.500 MWe).

Los Reactores Nucleares han sido una solución segura y amigable con el medio ambiente para los países de Europa y los EE.UU. El 17% de la energía que consume el mundo es de origen Nuclear y esta se incrementará en los próximos años debido a que el suministro de combustibles fósiles podrían resultar inadecuados para satisfacer las necesidades mundiales de energía.

En el año 2003 habían 441 reactores operando en 33 países, la mayoría en países asiáticos, la capacidad eléctrica instalada mundial fue de 359 GW(ex) (una ampolleta es de 100 watts) y la generación eléctrica total mundial fue de 2.574 Tera Watts por hora.

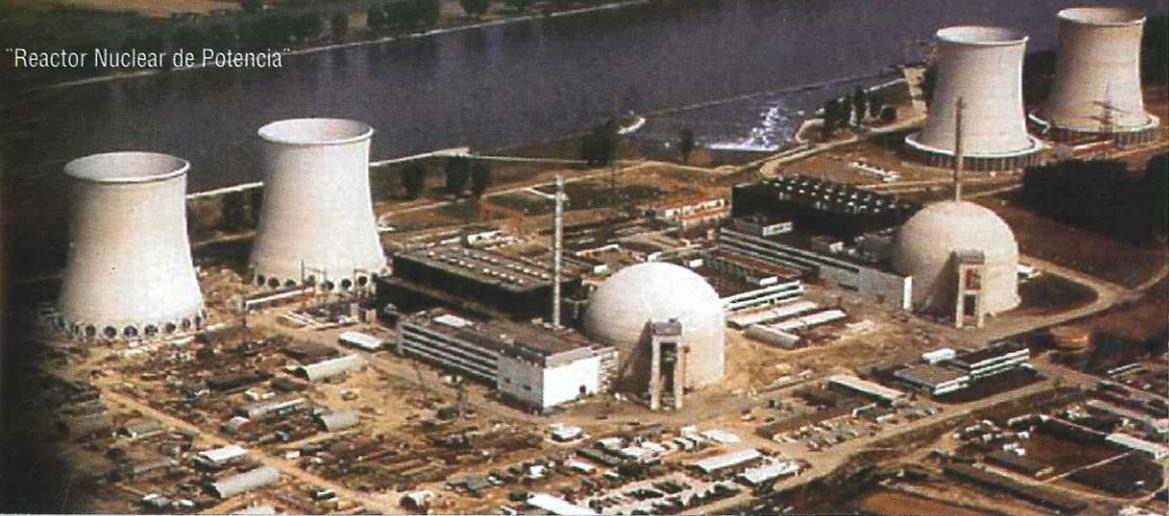
- 1 Kilo Watts = 1.000 watts
- 1 Mega Watts = 1.000.000 watts
- 1 Giga Watts = 1.000.000.000.0000 watts
- 1 Tera Watts = 1.000.000.000.000.0000 watts

"Reactor Nuclear de Potencia"

## 15 ¿QUÉ ES UN REACTOR RÁPIDO?

Este tipo de reactores también llamado reproductores, produce más combustible del que gasta. Este reactor utiliza para su funcionamiento U-235 natural, el cual es rodeado con una capa de uranio empobrecido (U-238). Este último, al ser bombardeado se transforma a Plutonio 239 que también es un material fisible, es decir, también es un combustible nuclear. Además, dependiendo de los factores que regulan el flujo es posible generar más plutonio 239 que el U-235 que consume.

La importancia de estos reactores será enorme en el futuro, ya que permitirán optimizar la utilización del Uranio hasta en un 70% más.



# BENEFICIOS Y APLICACIONES DE LA ENERGÍA NUCLEAR

## 16 ¿CÓMO BENEFICIA LA ENERGÍA NUCLEAR A LA INDUSTRIA?

Una de las aplicaciones principales en la Industria es la de optimizar los procesos y permitir el control de la producción. En el área de optimización de procesos, una de las técnicas más interesantes es la determinación de tiempo de residencia en diversos procesos mediante la utilización de radioisótopos (trazadores). Por ejemplo: la determinación del tiempo que permanecen los minerales en los molinos de bolas en la minería,

En el área de control, se encuentra una diversidad de equipos que utilizan isótopos radiactivos como detectores de nivel, detectores de humedad, entre otros.

Ejemplo: en la industria de conservas y refrescos se utiliza con éxito equipos que pueden comprobar el nivel de los líquidos.

riesgos a los operadores de los sistemas o a los usuarios de los mismos.

En el empleo de radioisótopos como trazadores se pueden añadir cantidades pequeñas de una sustancia radiactiva a los materiales que se van a tratar y seguir el proceso a que se someten.



Todas estas actividades se realizan con elementos radiactivos que se producen en los reactores de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y son utilizados bajo estrictas normas de seguridad de tal forma, que no constituyen





## 17 ¿CÓMO BENEFICIA LA ENERGÍA NUCLEAR A LA ALIMENTACIÓN?

Los isótopos y las radiaciones desempeñan un papel importante en las investigaciones destinadas a la alimentación y la agricultura.

Una de las técnicas que se emplea con éxito es la irradiación de alimentos, destinada a prolongar el período de conservación de los alimentos con el fin de evitar pérdidas innecesarias.

El Comité de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), llegaron en 1980 a la conclusión que las comidas irradiadas con dosis de 10 kilogray eran aptas para el consumo humano y recomendó se aprobasen sin necesidad de mayor comprobación.

Otra técnica es la Mutación Inducida. En los últimos 40 ó 50 años se han realizado en diversos países gran cantidad de experimentos sobre mutación de genes vegetales, con el fin de conferirles propiedades especialmente ventajosas, tales como:

- Aumento de la resistencia en las condiciones de suelo y clima.

- Maduración más temprana o más tardía.
- Mejora en las características de las semillas.
- Aumento en la resistencia de las enfermedades.
- Mejora de las características agronómicas.
- Mejora del rendimiento.

El empleo de las técnicas nucleares en agricultura están siendo de gran utilidad, por ejemplo el marcado de abonos con isótopos radiactivos tales como el fósforo-32 o con isótopos estables como el nitrógeno-15, con el cual se puede determinar la cantidad de abono que absorbe la planta y lo que pierde en el medio ambiente, lo que deriva en la optimización de los fertilizantes y como consecuencia un gran ahorro de divisas.

El uso de isótopos radiactivos en Entomología ha sido exitoso. Se ha estudiado el control biológico de los insectos marcándolos con sustancias radiactivas e incluso se ha logrado esterilizarlos y utilizarlos para eliminar determinadas plagas. Por ejemplo en nuestro país, se ha utilizado esta técnica con gran éxito para controlar la plaga de la mosca de la fruta.

# 18 ¿CÓMO BENEFICIA LA ENERGÍA NUCLEAR A LA MEDICINA?

Los isótopos radiactivos producidos en nuestros reactores representan una poderosísima herramienta para el médico y el investigador de nuestra era. La utilización de los isótopos en la medicina se distribuye en tres áreas:

## Radiodiagnóstico:

Son especialmente útiles en la formulación de diagnóstico. Los radioisótopos de período muy corto, como el tecnecio 99 metaestable, son ideales para seguir muchos procesos fisiológicos. Su aplicación es muy amplia en la detección de diversas enfermedades de corazón, pulmón, riñón, cerebro y otras.

## Radioinmunoanálisis:

Es una técnica in-vitro, imita los procesos vitales en tubo de ensayo.

Se utilizan para medir hormonas, determinar proteínas asociadas con virus, fármacos y otras sustancias en el cuerpo humano.

## Radioterapia:

Las radiaciones constituyen una técnica más en el tratamiento de determinados tipos de carcinomas. La irradiación inhibe el desarrollo de las células afectadas o las destruye. De esta manera se puede curar a un paciente de esta complicada enfermedad.

### COMISIÓN CHILENA DE ENERGÍA NUCLEAR MAYOR INFORMACIÓN: DIFUSIÓN Y EXTENSIÓN

Amunátegui 95, Casilla: 188-D, Santiago - Chile.

Teléfono: 56-2-470 2569, Fax: 56-2-470 2570

Web: [www.cchen.gob.cl](http://www.cchen.gob.cl)

Oficina de información, reclamos y sugerencias (OIRS)

Teléfonos: 56 - 2 - 470 2511, Fax: 56 - 2 - 470 2512

E-Mail: [oirs@cchen.cl](mailto:oirs@cchen.cl)