



I. ENERGÍA NUCLEAR

I.A. EL ÁTOMO

El átomo se compone de **protones (p⁺)**, **neutrones (n^o)** y **electrones (ē)**. Los p⁺ y los n^o se concentran en el núcleo del átomo y los ē se ubican alrededor del núcleo.

Los **Electrones (ē)** son partículas subatómicas pequeñísimas cargadas negativamente. Que "orbitan" alrededor del núcleo, y se distribuyen en orbitales de distinta energía.

Protones (p⁺): nucleones de alta densidad cargadas positivamente. Se encuentran en el núcleo, junto a los neutrones.

Neutrones (n^o): son nucleones neutros (sin carga), se componen de la combinación de un protón y un electrón. Los neutrones dentro del núcleo tienen la función de mantener cohesionado el núcleo. Junto a los protones corresponden a la masa del núcleo.

$$n^o = p^+ + e^-$$

Número Atómico (Z) corresponde al número de protones en el núcleo, le otorga identidad al elemento.

$$Z = \text{protones} = \text{electrones en un átomo neutro}$$

NÚMERO MÁSCICO (A) La masa del átomo se concentra principalmente en su núcleo, en el cual se encuentran los protones y los neutrones. Así **A** equivale a la suma de protones (p⁺) y neutrones (n^o)

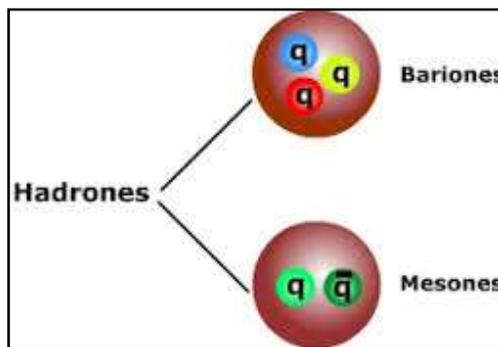
$$A = \text{protones} + \text{neutrones} = p^+ + n^o$$

Masa p ⁺	1,6725x 10 ⁻²⁴ gramos/masa	Carga p ⁺	+ 1,602 x 10 ⁻¹⁹ carga/coulomb
Masa n ^o	1,6750x 10 ⁻²⁴ gramos/masa		
Masa ē	9,1095x 10 ⁻²⁸ gramos/masa	Carga ē	- 1,602 x 10 ⁻¹⁹ carga/coulomb

Un mismo elemento puede tener distintas masas atómicas, es decir tienen el mismo número atómico, Z y distinta masa atómica, A, se les llama isótopos.

Según clasificaciones modernas en los átomos tenemos dos tipos de partículas elementales, los **leptones** y los **hadrones**.

Los **hadrones** están constituidos por **quarks** y sus respectivos **antiquarks**, tenemos cientos de hadrones. Actualmente los hadrones los dividimos en **bariones** y **mesones**.

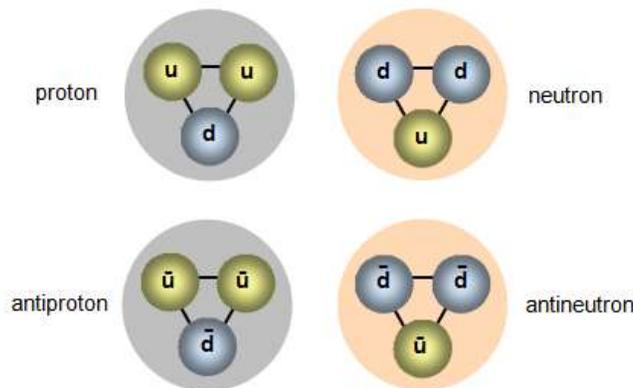


Tanto los protones como los neutrones, están formados a su vez por tres subpartículas: los quarks. La energía que mantiene unidas a estas partículas es muy grande y puede ser aprovechada.

Hay seis tipos distintos de quarks que los físicos de partículas han denominado: up, charm y top, down, strange, bottom.

mass →	≈2.3 MeV/c ²	≈1.275 GeV/c ²	≈173.07 GeV/c ²	0	≈126 GeV/c ²
charge →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs boson
QUARKS	≈4.8 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4.18 GeV/c ²	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d down	s strange	b bottom	γ photon	
LEPTONS	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	0	0	0	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	GAUGE BOSONS

Los bariones están formados por quarks y los mesones por quarks y anti quarks. Entre los bariones tenemos: Protón, neutrón, lambda, sigma (Σ^+ , Σ^0 y Σ^-), Xi, etc. Entre los mesones tenemos: Pión (Π^+ y Π^0), Kaón (K^+ , K^0_s y K^0_L) y Eta (η y η'). Entre los **leptones** tenemos: electrón (e^-), electrón neutrino (ν_e), muón (μ^-), muón neutrino (ν_μ), tau y tau neutrino.

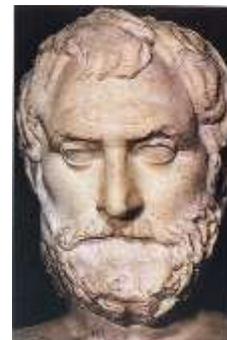


I.B. HISTORIA Y ORÍGENES DE LA ENERGÍA NUCLEAR

400 a.de C., Demócrito, filósofo griego discípulo de Leucipo, fue el primero en sugerir que la materia estaba compuesta por pequeñas partículas llamadas átomos (palabra griega que significa indivisible).



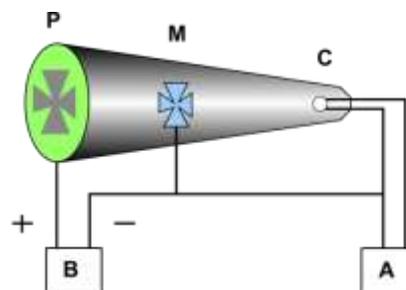
En 1808 John Dalton, científico inglés, enunció la primera teoría atómica y postula que: La materia está compuesta de partículas indivisibles llamadas átomos, los que son indestructibles e inalterables.



En 1811 Avogadro propone que volúmenes iguales de gases diferentes a la misma temperatura y presión, contienen igual número de moléculas, llamado número de Avogadro, $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ moléculas, átomos, partículas, iones, etc.

1832 – 1909 Williams Crookes estudia las descargas eléctricas de los rayos catódicos.

1886 Eugene Goldstein descubre los rayos canales en los tubos de descarga. A estas partículas positivas se les dio el nombre de protón.



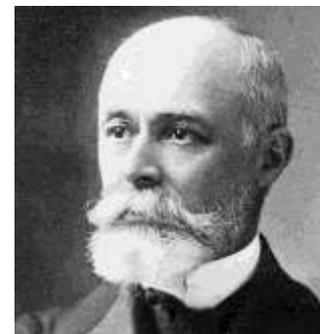
1895 Wilhelm Roentgen, físico Alemán, descubre los rayos X.

En 1895, Henri Becquerel, físico francés, comprobó que algunas sustancias como las *sales de uranio* producían radiaciones penetrantes de origen desconocido. Así, accidentalmente descubrió la radiactividad



Marie Curie, alumna y esposa de Pierre Curie se interesaron en las misteriosas radiaciones de Becquerel.

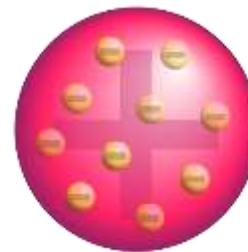
Se trataba, de una radiación que provocaba la formación de iones, es decir, ionizante. Para medir la ionización se usaron dos instrumentos que Pierre Curie y su hermano Jacques habían inventado: el electrómetro Curie y el cuarzo piezoeléctrico. Así, constató que la intensidad de la radiación era proporcional a la cantidad de uranio estudiada e independiente de las condiciones de observación.



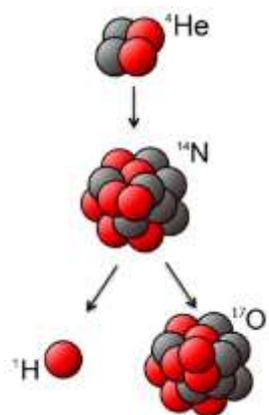
Marie Curie la llamó **Radiactividad**, tenía su origen en radiaciones atómicas. En 1898, descubre que el Thorio, produce prácticamente los mismos efectos que el uranio. Más adelante, descubre los elementos Polonio y el Radio, el cual es 300.000 veces más radiactivo que el Uranio. En 1899, Marie descubre que un cuerpo expuesto a una fuente radiactiva se vuelve radiactivo y que esta radiactividad secundaria disminuye con el tiempo en una proporción mucho más rápida que la radiactividad primaria de la fuente. Sienta las bases del principio de la desintegración.



1898 Thomson, demostró que los rayos catódicos eran pequeñísimas partículas cargadas negativamente embebidas en una gran masa positiva, modelo que se denominó budín de pasas.



En **1900**, el inglés **Rutherford** constata que los cuerpos que se han vuelto radiactivos se comportan como si estuvieran recubiertos de una delgada capa de radiactividad.

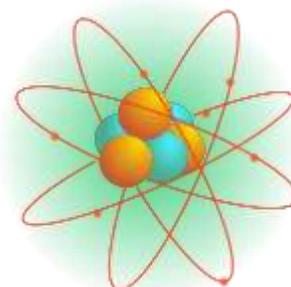


1902 Ernest Rutherford y Frederick Soddy demostraron que la radiactividad provoca la transformación espontánea de un elemento químico en otro. Logró la primera reacción nuclear cuando expuso gas nitrógeno a una fuente radiactiva de partículas alfa, y provocó la transformación de los átomos de nitrógeno en átomos de oxígeno-17.



1909 Millikan y Fletcher encontraron el valor de la carga del electrón. El $e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ c}$.

1911 Ernest Rutherford, y sus colaboradores **Hans Geiger y Ernest Mardsen**, establecieron que el átomo estaba constituido por un gran espacio vacío y pequeñas subunidades. Desarrolla el modelo planetario del átomo.



1912 Max Von Laue demostró la naturaleza electromagnética de los rayos X. Corresponden a una forma de energía generada en el movimiento acelerado de cargas eléctricas, los electrones en el átomo.

1920 Ernest Rutherford, observa que la masa de los átomos es muy superior a la masa de protones y electrones. Postula la existencia de una partícula sin carga con una masa aproximada a la del protón y la llama neutrón.

1932 James Chadwick, físico inglés detecta los neutrones en las reacciones nucleares.

Albert Einstein llega a la conclusión de que la masa y la energía eran lo mismo.

En **1934** el físico italiano **Enrico Fermi** llevó a cabo la primera reacción nuclear controlada.

1936 Carl Anderson descubre el positrón. Gana el premio Nobel por este descubrimiento.

1938 Otto Frisch y Lise Meitner demostraron la Fisión nuclear, ya que, al bombardear un átomo de Uranio, éste se dividía en dos partes y se producía gran cantidad de energía. Se dieron cuenta que la energía correspondía a la masa perdida.

Así una pequeñísima cantidad de masa era capaz de producir mucha energía. Se había descubierto la energía nuclear. Se comienza la creación de los primeros reactores nucleares, donde el uranio era un protagonista principal.

En 1938 **Otto Hahn y Friedrich Strassmann** descubrieron que al bombardear núcleos de uranio se obtienen **elementos transuránicos**, que también se fusionan en ciertos núcleos.

El 20 de diciembre de 1951, se produce por primera vez electricidad en el reactor nuclear de la estación experimental de Arco, en Idaho (EE.UU.)



El 27 de junio de 1954 comienza a funcionar la primera central nuclear del mundo, en Obninsk (Rusia).

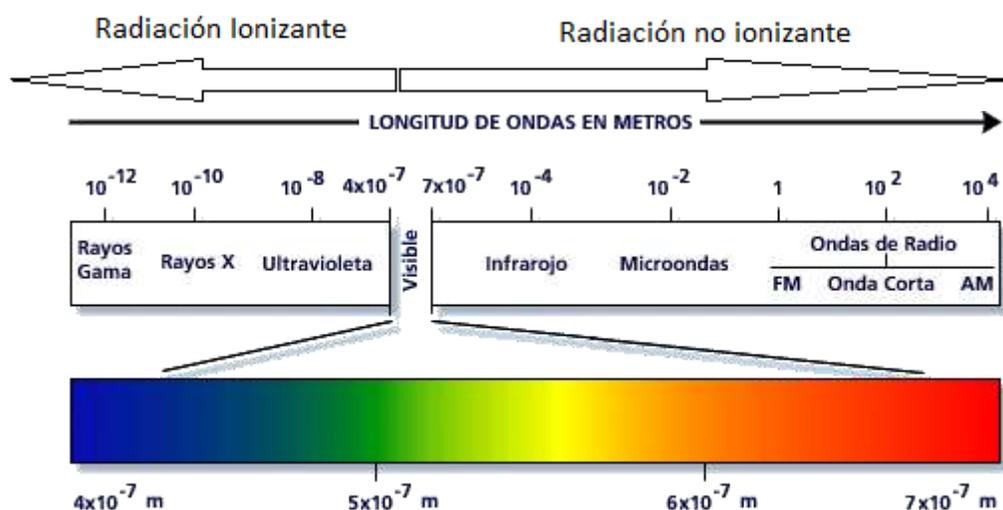
1964 Murray Gell-Mann desarrolla la teoría cuántica de quarks y gluones, llamada cromática cuántica en la cual ordena unas 100 partículas descubiertas en el interior del núcleo atómico y que estaban formadas por partículas elementales llamadas quarks. Los quarks se mantienen unidos gracias al intercambio de gluones.



I.C. Radiación y reacciones nucleares

Se llama **radiación** a toda energía que se propaga en forma de onda a través del espacio. En el concepto radiación se incluye, desde la luz visible a las ondas de radio y televisión (**radiaciones no ionizantes**), y desde la luz ultravioleta a los rayos X y los gamma (**radiaciones ionizantes**).

En el espectro electromagnético podemos ubicar las radiaciones más comunes:



I.C.1. Existen dos tipos de radiaciones ionizantes:

- La **electromagnética**, constituida por **rayos γ** , **rayos χ** y **rayos Uv**.
- La constituida por **partículas subatómicas** (**p^+** , **e^-** , **n^0**).

El carácter ionizante o no ionizante de la radiación es independiente de su naturaleza corpuscular u ondulatoria.

Las reacciones nucleares tienen relación directa con nuestra propia existencia sobre la tierra, de hecho, el sol y las demás estrellas del universo, obtienen su energía, de la combustión nuclear. En las estrellas los núcleos atómicos chocan continuamente entre ellos impulsados por altísimas temperaturas, la que a su vez puede mantenerse gracias a la energía liberada en las **transmutaciones nucleares**, dando lugar a un ciclo autosustentable, estos procesos son radioactivos naturalmente, pero el hombre ha logrado generar la denominada **radiación artificial**.

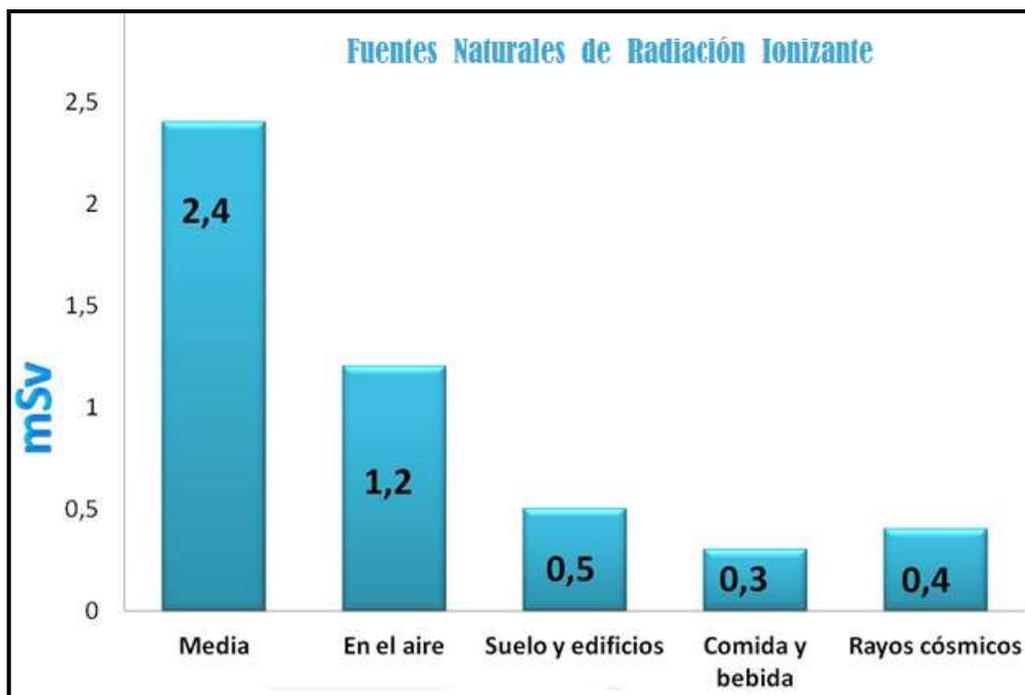


I.C.2. Fuentes de las radiaciones ionizantes

☢ Radiactividad natural.

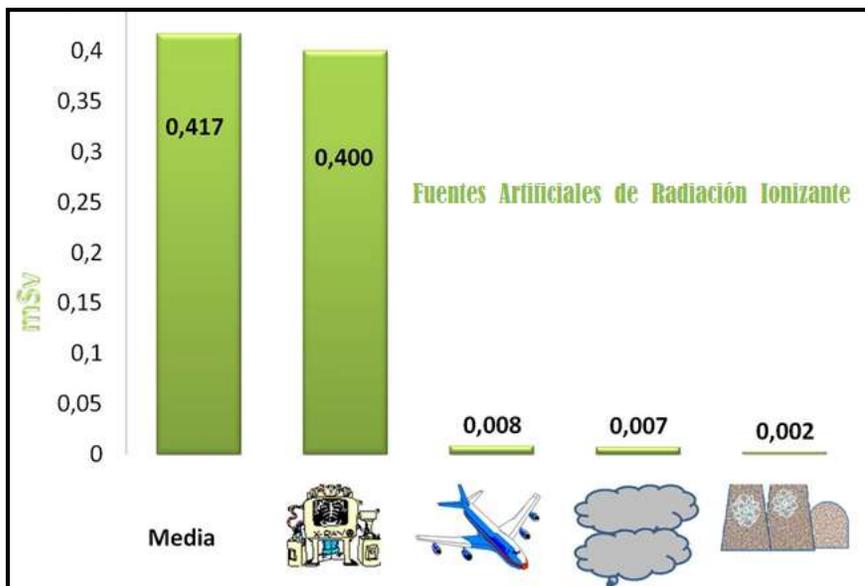
Resulta de la inestabilidad intrínseca de una serie de átomos presentes en la Naturaleza (uranio, torio, etc.). Entre ellas:

- ☢ Los **Rayos cósmicos** (14,4%), la exposición es mayor en los pasajeros frecuentes de avión y los que vivimos bajo el agujero en la capa de ozono.
- ☢ El **Radón** (36,7%), Gas procedente del uranio, que se encuentra de forma natural en la tierra. Procede de materiales de construcción, abonos fosfatados, componentes de radioemisores, detectores de humos, gas natural en los hogares, etc. El grado de exposición al radón aumenta notablemente en sitios cerrados y domicilios con buen aislamiento térmico.
- ☢ La **Radiactividad incorporada en alimentos** (8,9 %), bebidas, etc. Los crustáceos y moluscos marinos (mejillones, chirlas, almejas) la concentran especialmente.



☢ Radiactividad artificial

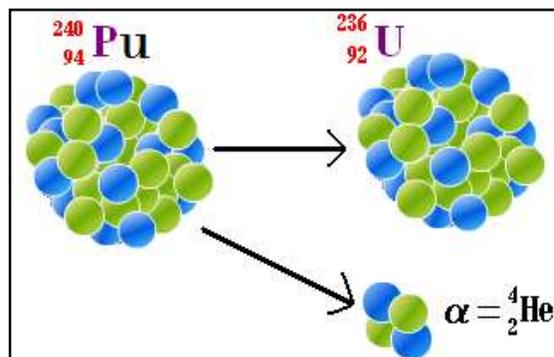
- ☢ **Procedimientos médicos (radiografías, etc.)** (22,2%). Son la fuente principal de radiación artificial en la población general.
- ☢ **Exposición profesional**, en el personal que opera material radiactivo.
- ☢ **Basura nuclear**. Los materiales de desecho radiactivos de la industria nuclear, los hospitales y los centros de investigación.
- ☢ **Explosiones nucleares**. Accidentales, bélicas o experimentales.



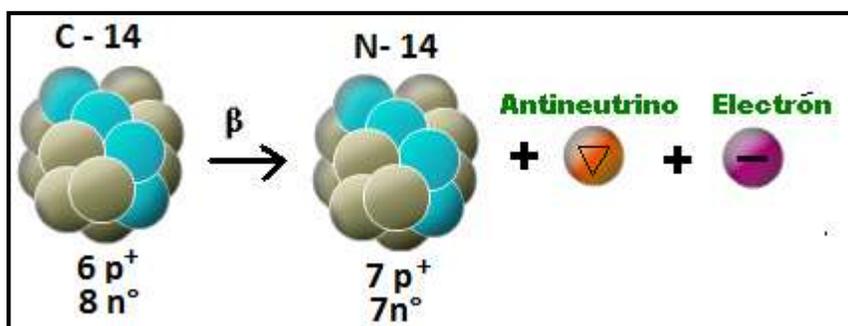
I.D. Tipos de emisiones radiactivas

Cuando un núcleo es inestable sufre desintegración espontánea, por lo tanto, es un proceso natural a través del cual un átomo emite energía a partir del núcleo, transformándose en **partículas** o en **radiación electromagnética**.

I.D.1. Las radiaciones alfa (${}^4_2\text{He}$, α) son átomos de **Helio** doblemente ionizados, es decir, que han perdido sus dos electrones. Por tanto, tienen dos neutrones y dos protones. Es la radiación característica de isótopos de número atómico elevado, tales como los del ${}_{92}\text{Uranio}$, ${}_{90}\text{Thorio}$, ${}_{88}\text{Radio}$ y ${}_{94}\text{Plutonio}$. Dada la elevada masa de estas partículas y, a que se emiten a gran velocidad por los núcleos (del orden de 10^7m/s), al chocar con la materia pierden gradualmente su energía ionizando los átomos. Las partículas α son corpusculares y poco penetrantes pero muy dañinas por su fuerte impacto. Se frenan muy rápidamente, por lo que quedan detenidas con tan sólo unos centímetros de aire o unas milésimas de milímetro de agua, por una lámina de aluminio de 0,1 mm de espesor o una simple hoja de papel. La **radiación alfa** queda frenada en las capas exteriores de la piel, y no es peligrosa, a menos que se introduzca directamente al cuerpo a través de heridas, alimentos, etc.

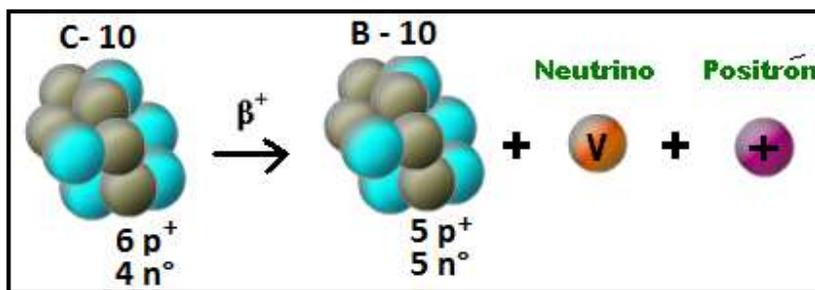


I.D.2. Las radiaciones beta (${}^0_{-1}\text{e}$, β^-) son electrones emitidos a alta velocidad, cercana a la de la luz. Debido a que su masa es inferior a la de la radiación alfa, tienen más poder de penetración. Son frenadas por una lámina de aluminio de 0,5 mm de espesor, una lámina de acrílico, en algunos metros de aire o por 1 cm. de agua. En el cuerpo humano, pueden llegar a traspasar la piel, pero no sobrepasan el tejido subcutáneo. En los tejidos vivos (heridas) pueden introducirse uno o dos centímetros.



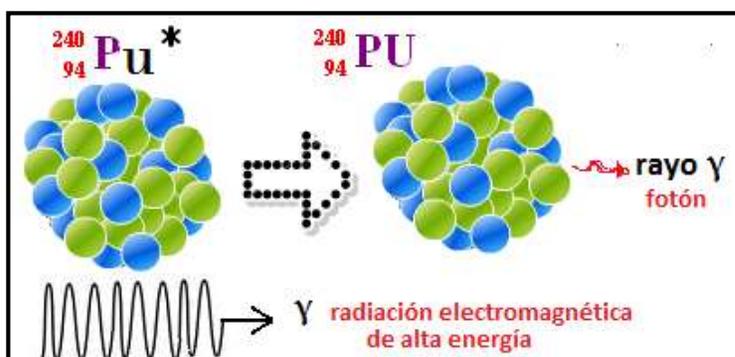
I.D.3. Los positrones

(β^+, e^+) son partículas con masa despreciable y carga equivalente a la de un protón. Los positrones que penetran en un medio sufren inicialmente un proceso de termalización y una posterior aniquilación con los electrones del material.



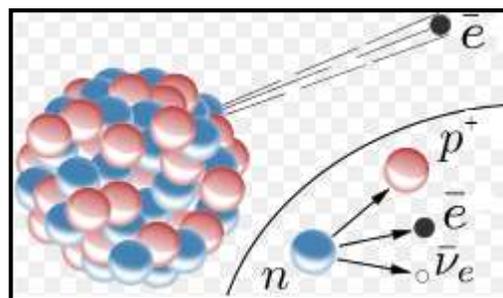
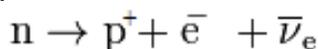
I.D.4. La Radiación Gamma (γ) Son un tipo de radiación electromagnética ionizante, en forma de fotones, producida en procesos nucleares de aniquilación de pares partícula - antipartícula o en fenómenos astrofísicos de gran violencia. (γ_0^0).

Cuya ecuación general es:



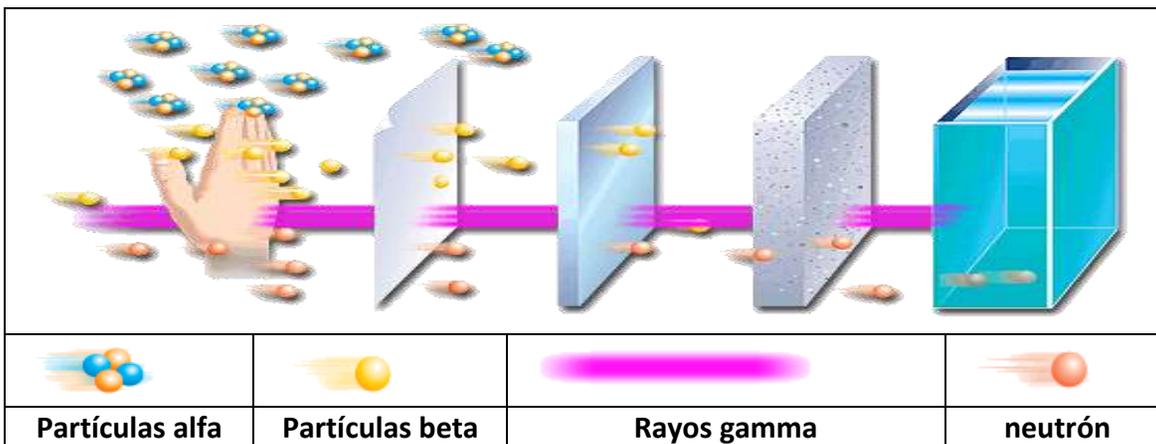
Estas radiaciones electromagnéticas de alta energía, son capaces de penetrar profundamente en los tejidos; sin embargo, liberan menos energía en el tejido que las alfa o las beta. Interaccionan con los átomos y moléculas que se van encontrando a su paso, lo que es mucho más nocivo. No se desvían a causa de los campos eléctricos o magnéticos (no tienen carga eléctrica). Pueden recorrer cientos de metros en el aire y son frenadas con espesores de 1 metro de hormigón o unos pocos cm. de plomo, por lo que cuando se utilizan fuentes radiactivas que emiten este tipo de radiación, se debe utilizar blindajes adecuados.

I.D.5. Los neutrones proceden de reacciones de fisión o de reacciones nucleares con otras partículas. Son capaces de atravesar los tejidos vivos, pueden ser detenidos en agua y en hormigón. Los neutrones libres tienen una vida media de quince minutos. Los neutrones se descomponen en un electrón, un protón y un antineutrino. Se utilizan para producir elementos radiactivos cuando interaccionan con elementos estables.



I.E. Representación del poder de penetración de las emisiones radiactivas

El poder de penetración de las partículas (o capacidad dañina) está en directa relación con la energía que poseen. Las más poderosas son las radiaciones gamma y los neutrones, pues modifican la estructura de la materia en la que inciden.



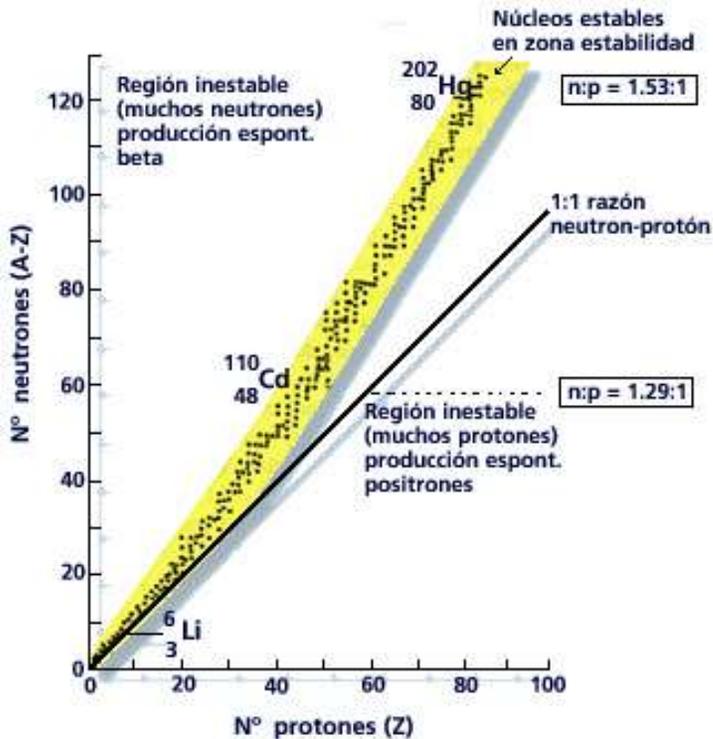
I.F. Causas de la Radiactividad

La **inestabilidad de los núcleos** es la clave para que un núcleo se desintegre y emita radiación, es decir, sea radiactivo. No todos los elementos químicos son radiactivos, para un mismo elemento sus **isótopos** pueden ser radiactivos o no.

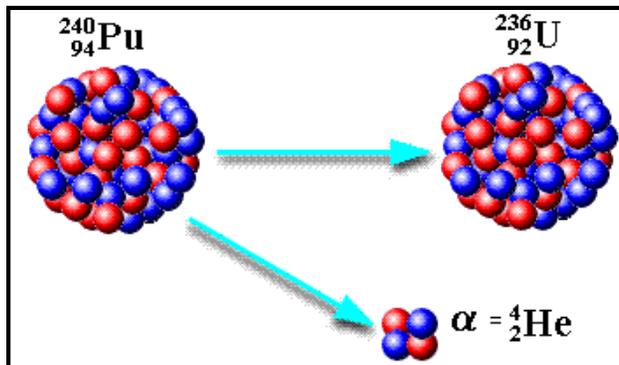
Un núcleo es estable si la proporción entre neutrones y protones (n°/p^+) en el núcleo tiende al valor 1 en átomos pequeños. En átomos grandes el núcleo es estable si el valor de esta proporción (n°/p^+) se mantiene entre los valores 1,29 y 1,53, como se muestra en el gráfico. Fuera de estos rangos el núcleo es inestable.

El proceso radiactivo ocurre por tres causas:

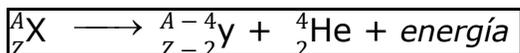
- I.F.a Núcleos de gran masa.
- I.F.b Núcleos con exceso de neutrones.
- I.F.c Núcleos con exceso de protones.



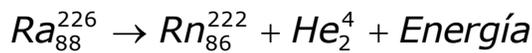
I.F.a. Núcleos de gran masa: Aquellos elementos que presentan un número atómico (Z), mayor o igual que 83, son inestables y pueden emitir partículas. Ocurre que la fuerza de repulsión entre los protones del núcleo supera la fuerza nuclear, que mantiene cohesionado el núcleo. Esto hace que sean radiactivos, y que para estabilizarse liberen partículas alfa (α , ${}^4_2\text{He}$) cuyo resultado se denomina **transmutación nuclear**. El proceso de desintegración alfa va acompañado de la emisión de una gran cantidad de energía procedente del defecto másico producido, por lo que la partícula alfa adquiere gran velocidad, del orden de 10^7m/s .



Cuya ecuación general es

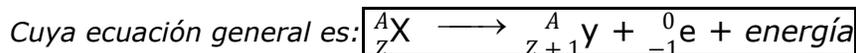
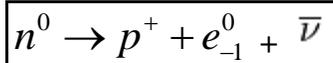
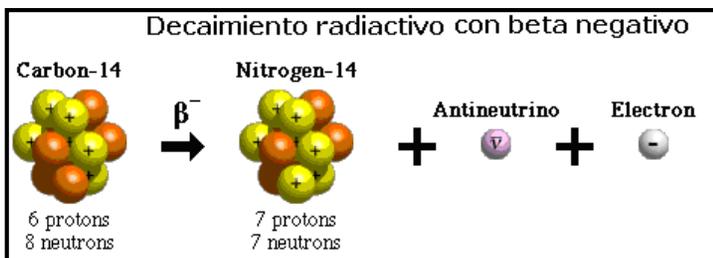


Ejemplos

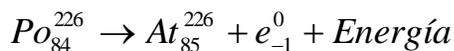


I.F.b. Núcleos con exceso de neutrones:

Son aquellos en los cuales la relación n_0/p^+ tiende a un valor mayor a 1,53 y generan un proceso radiactivo que aumenta el número de protones. Dicho núcleo transforma parte de los neutrones en protones, electrones y antineutrinos:



Ejemplo:



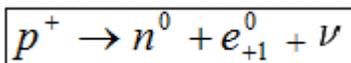
I.F.c. Núcleos con exceso de protones:

Son aquellos en los cuales la relación n_0/p^+ tiende a un valor menor a 1,29 en este caso la estabilización del núcleo consiste en la transformación de protones en neutrones, por desprendimiento de su carga positiva, éstas partículas

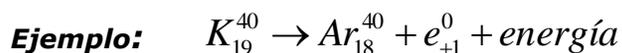




son llamadas positrones ($+1e^0$); estos poseen la misma masa de los electrones.



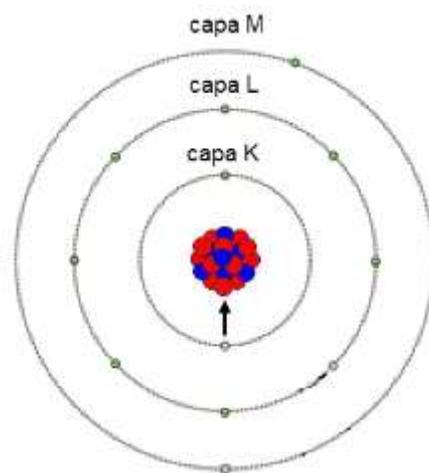
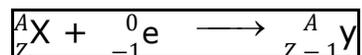
Cuya ecuación general es: ${}^A_Z X \longrightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e + \text{Energía}$



En ambos tipos de desintegraciones beta se emiten además otras partículas. La emisión de un electrón va acompañada de una partícula llamada **antineutrino** y la emisión de un positrón, de un **neutrino**.

También se puede dar la **captura K** en núcleos con exceso de protones, ésta consiste en la captura de un electrón, sacado generalmente de la capa "K" de su corteza electrónica, por parte del núcleo, seguida de la transformación de un protón en un neutrón. El resultado final es la reducción del número atómico en una unidad mientras que el número másico permanece invariable. Esta transmutación va acompañada por emisión de rayos "X".

Cuya ecuación general es:





I.G. Desintegración Radiactiva del Uranio

El **Uranio-235** y varios isótopos de los elementos transuránicos, pueden desintegrarse mediante un proceso de fisión espontánea en que el núcleo se divide generando nuevos isótopos. Las mayores fuentes de radiactividad natural se encuentran en los minerales de **Uranio** y **Thorio**.

Es muy frecuente que el producto (el hijo) de un decaimiento sea a su vez radiactivo, generándose entonces nietos y otros descendientes hasta llegar a uno que sea estable. Se habla entonces de cadenas de decaimiento.



Elemento	Decaimiento	Vida media
^{238}U	α	4.51×10^9 años
^{234}Th	β	24.1 días
^{234}Pa	β	1.18 minutos
^{234}U	α	2.48×10^5 años
^{230}Th	α	7.6×10^4 años
^{226}Ra	α	1.62×10^3 años
^{222}Rn	α	3.82 días
^{218}Po	99,98 % α y 0,02 % β	3.05 minutos
^{214}Pb	β	26.8 minutos
^{218}At	α	1.3 segundos
^{214}Bi	99,96 % β y 0,04 % α	19.7 minutos
^{214}Po	α	1.6×10^{-4} segundos
^{210}Tl	β	1.32 minutos
^{210}Pb	β	22 años
^{210}Bi	100 % β y 0,0002 % α	5.0 días
^{210}Po	α	138.4 días
^{206}Tl	β	4.3 minutos

Por ejemplo: el $^{92}\text{Uranio} - 238$, se desintegra en una serie hasta llegar al isótopo estable del plomo, el $^{82}\text{Pb} - 206$.

A mediados de 1980, se observó una forma de desintegración, en la que los isótopos de **Radio - 222, 223 y 224** emiten núcleos de ^{14}C en lugar de desintegrarse como emisores alfa.

I.H. Vida Media

Es el tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los átomos activos de una cantidad dada de un elemento radiactivo.

Los isótopos de cada elemento radiactivo tienen sus propias vidas medias características. La estabilidad de un Isótopo es cuantificada por su **vida media**.

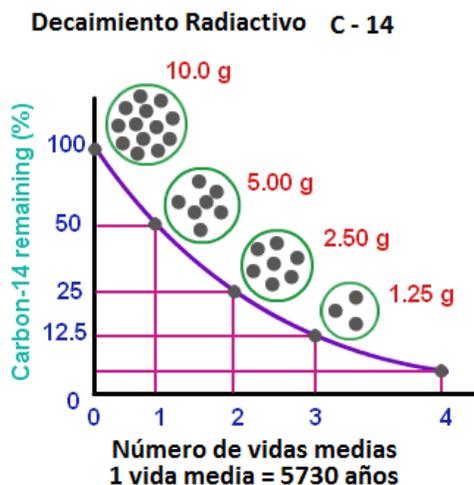
En general, entre más corta sea la vida media de un elemento, mayor será su rapidez de desintegración y más radiactivo es ese elemento. En la siguiente Tabla se muestra la vida media de algunos isótopos.

Por ejemplo:



NOMBRE	SÍMBOLO	Z	A	n _o	u.m.a	(vida media)*, Abundancia
Hidrógeno	${}^1\text{H}$	1	1	0	1,008	Estable, 99,04 %
Deuterio	${}^2\text{H}$ o D	1	2	1	2,014	Estable, 0,0115 %
Tritio	${}^3\text{H}$ o T	1	3	2	3,016	(12,26 años), Inestable
Carbono - 11	${}^{11}\text{C}$	6	11	5	11	(20,3 minutos)
Carbono - 12	${}^{12}\text{C}$	6	12	6	12	Estable, 98,9%,
Carbono - 13	${}^{13}\text{C}$	6	13	7	13	Estable, 1,11 %
Carbono - 14	${}^{14}\text{C}$	6	14	8	14	(5.730 años), $1,2 \times 10^{-10}$ %
Carbono - 15	${}^{15}\text{C}$	6	15	9	15	(2,5 segundos)
Uranio - 235	${}^{235}\text{U}$	92	235	143	235,00	($7,13 \times 10^8$ años), 0,72 %
Uranio - 238	${}^{238}\text{U}$	92	238	146	238,05	($4,49 \times 10^9$ años), 99,27 %

*La estabilidad de un Isótopo es cuantificada por su vida media. 1 uma = $1,66056 \times 10^{-24}$ gramos



La desintegración responde a una ley exponencial y no depende de la cantidad inicial de elemento radiactivo.



La ley matemática de la desintegración radiactiva es: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

N = número de núcleos sin desintegrar
 N_0 = número de núcleos iniciales
 t = tiempo transcurrido
 $T_{1/2}$ = vida media
 λ = constante de desintegración

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{\lambda t}{2,303}$$

El período de semidesintegración $T_{1/2}$ está relacionado con la constante de desintegración λ mediante la fórmula:

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

La desintegración radiactiva es notablemente constante y no es afectada por ninguna condición externa (presión, temperatura, clima, etc.).

Resolución de Ejercicios

1. La vida media del Estroncio $^{90}_{38}\text{Sr}$ es de 28 años. Calcule el tiempo que se necesita para que el número de átomos de estroncio de una muestra disminuya hasta: (a) $\frac{1}{4}$ de su valor inicial; (b) $\frac{1}{16}$, de su valor inicial.

Solución



En el proceso del cálculo de tiempo necesario para reducir el $^{90}_{38}\text{Sr}$ desarrollamos la siguiente tabla:

Por lo tanto:

(a) A $\frac{1}{4}$ es 56 años

(b) $\frac{1}{16} = (A/2)^4$ es 112 años.

$^{90}_{38}\text{Sr}$	28 años	28 años	28 años	28 años
A	A/2	A/4	A/8	A/16

2. El $^{90}_{38}\text{Sr}$ emite espontáneamente una partícula alfa. si una muestra emite 1000 partículas alfa por minuto. ¿Después de cuántos períodos y cuántos años habrá reducido su emisión a 125 partículas por minuto? Su período de semidesintegración es de 28 años.

Solución

Datos $T_{1/2} = 28$ años $N_0 = 1.000$ A/min $N = 125$ A/min $t = ?$

De las ecuaciones $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{\lambda t}{2,303}$ y $T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{28} = 0,02475$$

Despejando $t = \frac{-2,303}{\lambda} \cdot \log \frac{N}{N_0} = \frac{-2,303}{0,02475} \cdot \log \frac{125}{1.000} = 84 \text{ años}$

3. El isótopo ^{131}I del yodo es radiactivo y se utiliza en medicina para tratar el cáncer de tiroides. Si se toma el **NaI** conteniendo este isótopo. ¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que la actividad disminuya al 5%? Dato: El $T_{1/2} \text{ } ^{131}\text{I} = 8.05$ días.

Solución

Datos $T_{1/2} = 8,05$ días $N_0 = 1$ $N = 0,05$ $T = ?$

De las ecuaciones $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{\lambda t}{2,303}$ y $T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{8,05} = 0,086$

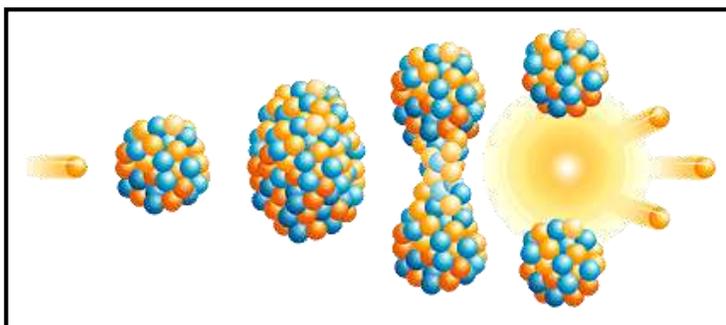
Despejando $t = \frac{-2,303}{\lambda} \cdot \log \frac{N}{N_0} = \frac{-2,303}{0,086} \cdot \log \frac{0,05}{1} = 34,84 \text{ días}$

I.I Reacciones Nucleares Artificiales

Muchos elementos presentan decaimiento radiactivo en forma natural, sin embargo, es posible efectuarlas en forma artificial. Distinguimos dos tipos de reacciones nucleares artificiales:

I.I.1. La Fisión

Es promovida por el impacto de un neutrón sobre el núcleo de un átomo pesado (como el Uranio), provocando la división de éste en dos átomos menos pesados o livianos, con la emisión conjunta de neutrones, los cuales provocan **la fisión en cadena** de otros átomos de uranio. Este tipo de reacción libera energía (200 MeV), que es utilizada en reactores nucleares y en forma descontrolada en las bombas nucleares.

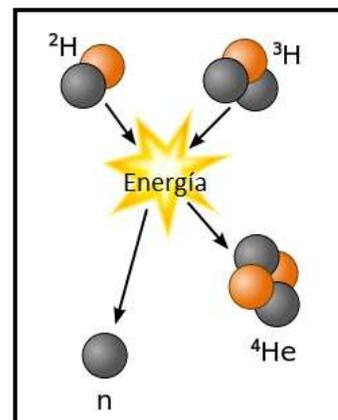
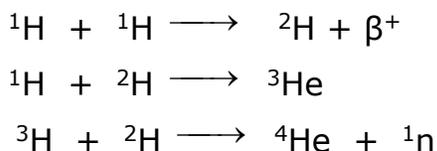


I.I.2. La Fusión

Ocurre cuando dos núcleos de átomos livianos se unen formando un átomo con un núcleo más pesado y más estable. Además, liberan una gran cantidad de energía.

Ejemplo

Las estrellas nuevas como nuestro Sol, están compuestas mayoritariamente por hidrógeno y se sustentan a sí mismas mediante reacciones, donde la fusión de deuterio y tritio produce Helio.

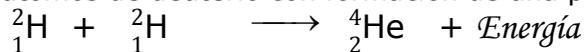


En la práctica, para acelerar los núcleos y, así, lograr que estos sobrepasen las fuerzas de repulsión electroestáticas se utilizan **aceleradores de partículas** o **energía térmica**. Lograr la fusión de manera controlada tiene gran complejidad técnica ya que requiere una alta energía de activación, donde la materia se encuentra en estado plasma, y no se puede confinar en ningún tipo de recipientes dado que los materiales no resisten estas temperaturas.

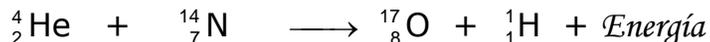


Ejemplos de reacciones nucleares de fusión y fisión:

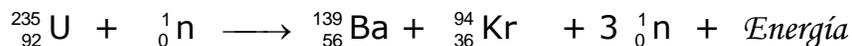
- a) Reacción de fusión de átomos de deuterio con formación de una partícula alfa:



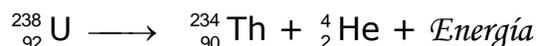
- b) Reacción de fusión de helio con nitrógeno con formación de oxígeno



- c) Reacción de fisión de uranio con transmutación a bario y kriptón

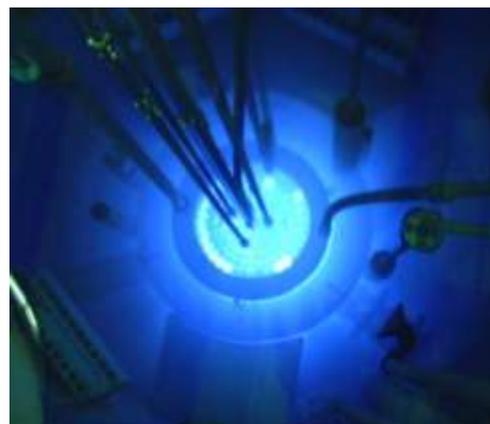


- d) Reacción de fisión de uranio con transmutación a thorio



I.J. REACTORES NUCLEARES

La foto muestra un reactor en operación, se muestra un brillante destello azulino debido a las partículas beta (electrones) que se mueven en el agua, ésta luminosidad se conoce como **efecto Cerenkov**.



¿Qué es un Reactor Nuclear?

Es una instalación física donde se produce, mantiene y controla una reacción nuclear en cadena. En un reactor nuclear se utiliza un combustible que permita asegurar la normal producción de energía generada por las sucesivas fisiones. Algunos reactores pueden utilizar el calor obtenido para producir energía eléctrica.

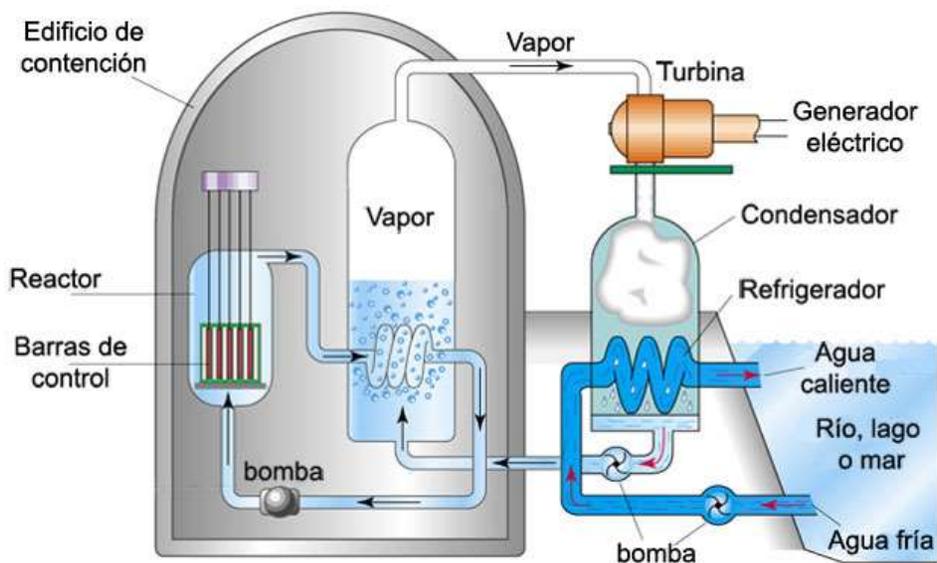
El primer reactor construido en el mundo fue operado en 1942, en dependencias de la Universidad de Chicago (USA), bajo la dirección del investigador **Enrico Fermi**.

I.J.1. Elementos de un Reactor Nuclear

El Combustible: es un material fisionable, utilizado en cantidades específicas y ordenadas en forma tal, que permita extraer con rapidez y facilidad la energía generada. El combustible en un reactor se encuentra en forma sólida, siendo el más utilizado **UO₂** bajo su forma isotópica de **U- 235**.

Barras de Combustible: contienen Uranio mezclado en Aluminio en forma de láminas planas separadas a una distancia que permita la circulación de fluido para disipar el calor generado.

Moderador: Los neutrones obtenidos de la fisión nuclear emergen con velocidades muy altas, es necesario disminuir la velocidad de estas partículas para asegurar un exceso de energía y además la continuidad de la reacción en cadena. Se disminuye la energía cinética de los neutrones mediante choques con átomos de otro material. Se utiliza como Moderador el agua natural (agua ligera), el agua pesada, el Carbono (grafito), etc.



Blindaje: En un reactor se produce gran cantidad de todo tipo de Radiaciones, las cuales se distribuyen en todas direcciones. Para evitar que los operarios del reactor y el medio externo sean sometidos a tales radiaciones, se utiliza un "Blindaje Biológico" que rodea al reactor, y estos son: agua, plomo y hormigón de alta densidad, cuyo espesor es superior a los 1,5 metros.

