



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**FUENTES DE ENERGÍA  
CONVENCIONALES Y  
ALTERNAS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**JONATHAN GIRARD ARROYO**

ASESOR: ING. HERNÁNDEZ ZAMUDIO JUAN DE LA CRUZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 26 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos  
comunicar a usted que revisamos la Tesis:

"Fuentes de Energía Convencionales y Alternas"

que presenta el pasante: Jonathan Girard Arroyo  
con número de cuenta: 40306226-1 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en  
el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 2 de Junio de 2009.

PRESIDENTE	Ing. Juan Rafael Garibay Bermudez
VOCAL	Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio
SECRETARIO	M.I. José Juan Contreras Espinosa
PRIMER SUPLENTE	Ing. Ma. Soledad Alvarado Martínez
SEGUNDO SUPLENTE	Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez

## ***Dedicatorias.***

### ***A mis Padres***

*Como un testimonio de infinito aprecio y eterno agradecimiento, por el apoyo moral que siempre me han brindado y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional siendo para mí la mejor de las herencias.*

*Agradezco a mi entorno que me dio las facultades para pensar en mi futuro y sobre todo a mi madre, fiel amiga, acompañante y consejera que si no fuera por su sacrificio no estaría en estos momentos.*

### ***A mis hermanos***

*Que siempre me brindaron su mano en momentos difíciles aunque a uno ya no lo tengo en vida se que desde el cielo está muy contento por haber continuado mis estudios y nunca darme por vencido, gracias Enrique por todos los consejos que me diste eres mi ejemplo a seguir. Los quiero mucho.*

### ***A mi novia y familia***

*Gracias por el apoyo, amor y confianza que han tenido en mi, gracias por sus consejos que me han dado y sobre todo, esos bonitos momentos que he pasado con ustedes.*

### ***A mis amigos***

*A todos mis amigos y compañeros que han estado conmigo y que de una forma u otra me han ayudado a seguir adelante.*

### ***En general***

*No tengo letras para seguir diciendo el gran regocijo que me da poder terminar esta carrera en donde profesores y compañeros dejan parte de su vida, para dar vida a las ilusiones de niño y que hoy en día se hacen realidad.  
Solo sé que este camino es solo el comienzo de una gran historia. De virtudes y gracias para mí y mi familia.*

*Muchas gracias.*

# ***Agradecimientos***

***A Dios***

*Por darme la fuerza para seguir luchando en esta vida y protegerme de todo mal.*

***Al Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio***

*Por su valiosa colaboración en la dirección del presente trabajo y sus importantes consejos*

***A los integrantes de la comisión revisora:***

*Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez  
Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio  
M.I. José Juan Contreras Espinosa  
Ing. Ma. Soledad Alvarado Martínez  
Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez*

***A la Universidad Nacional Autónoma de México***

*Por haberme permitido pasar por sus aulas en mi formación profesional*

***Gracias***

# ÍNDICE

---

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO 1.- LA ENERGÍA COMO FACTOR DE DESARROLLO</b>	2
1.1.- Factores del Desarrollo	3
1.2.- Fuentes Naturales de la Energía	4
1.3.- Fuentes de Energía Actuales	5
1.4.- Organigrama de Conversiones Energéticas	6
<b>CAPÍTULO 2.- RECURSOS ENERGÉTICOS NO RENOVABLES</b>	8
2.1.- Origen y Características de los Combustibles fósiles	9
2.2.- Reserva de Combustibles Fósiles en Nuestro Planeta	10
<b>CAPÍTULO 3.- EL CARBÓN</b>	12
3.1.- Definición	13
3.2.- Formación del Carbón	13
3.3.- Tipos de Carbón	14
3.4.- Producción y Reservas	15
3.5.- Aplicaciones	17
<b>CAPÍTULO 4.- EL PETRÓLEO</b>	19
4.1.- Origen y Formación del Petróleo	20
4.2.- Exploración	21
4.3.- Extracción	22
4.4.- Reservas Mundiales. Producción y Duración	25
4.5.- Transporte y Mercados de Consumo	28
4.6.- Refino y Obtención de Productos	30
4.7.- La Importancia del Petróleo en la Economía Mundial	34
<b>CAPÍTULO 5.- EL GAS NATURAL</b>	36
5.1.- Descripción	37
5.2.- Características Técnicas	38
5.3.- Etapas de Abastecimiento	39
5.4.- Aplicaciones	42
5.5.- El Gas en el Mundo	44
5.6.- Previsiones	47

CAPÍTULO 6.- LA ENERGÍA NUCLEAR	49
6.1.- Definición de Energía Nuclear	50
6.2.- Elementos de Física Nuclear	50
6.3.- Radiactividad	53
6.4.- Fisión Nuclear	55
6.5.- Fusión Nuclear	56
6.6.- Interacción de la Radiación Ionizante con la Materia	57
6.7.- Reactores Nucleares	59
6.8.- Seguridad en los Reactores Nucleares	64
6.9.- Usos Pacíficos de la Energía Nuclear	67
CAPÍTULO 7.- RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES	71
7.1.- Recursos Renovables	72
7.2.- Energía Hidráulica	72
7.3.- Energía solar	78
7.4.- Energía Geotérmica	83
7.5.- Energía Eólica	85
7.6.- Energía del Mar	86
7.7.- Biomasa	90
CONCLUSIONES	94
REFERENCIAS	96

## INTRODUCCIÓN

Muchas veces usamos el término energía para significar fuerza, movimiento o actividad. Sin embargo, desde el punto de vista científico, el concepto es distinto.

Entendemos primero que trabajo mecánico es el resultado de aplicar una fuerza sobre un cuerpo para lograr que éste se desplace o deforme.

La energía es la capacidad que posee un cuerpo de realizar un trabajo mecánico. Sin energía no podrían funcionar las máquinas, ni siquiera podrían producirse los procesos vitales, por lo que no sería posible la vida. En resumen, puede decirse que la energía es todo aquello que hace posible cualquier actividad, tanto física como biológica.

No obstante, el concepto de energía no es fácil de comprender, ya que la energía solo se pone de manifiesto cuando pasa de unos cuerpos a otros, es decir, cuando se transforma. Continuamente se producen transformaciones de energía en la Naturaleza: la energía que recibimos del Sol transforma en agua la nieve de las montañas, eleva la temperatura de los ambientes, hace crecer las plantas que alimentan a diferentes animales, etc. Es decir, muchas de estas transformaciones tienen lugar sin que intervenga el hombre.

Según lo expuesto, se puede definir la energía en los siguientes términos:

La energía es una propiedad de los cuerpos que produce transformaciones en ellos mismos o en otros cuerpos.

No es lo mismo energía que fuerza: las fuerzas se ejercen sobre los cuerpos, mientras que la energía la poseen los cuerpos, pasando de unos a otros.





**CAPÍTULO**

**PRIMERO**

**LA ENERGÍA COMO FACTOR DE**

**DESARROLLO**

## 1.1. FACTORES DEL DESARROLLO

El mundo actual vive preocupado por el progreso tecnológico y por el desarrollo que del mismo se deriva. Esta preocupación es el rasgo más característico de nuestro momento histórico, hasta el punto que viene determinada una clasificación universal de los diferentes países que pueblan nuestro planeta en países desarrollados y países en desarrollo.

Países desarrollados son aquellos donde la mayoría de los habitantes gozan de un alto nivel de vida, caracterizado por un alto PNB (producto nacional bruto), elevado consumo de energía, abundante producción y mucho confort. En los países subdesarrollados el nivel promedio es inferior al promedio mundial tanto en PNB como en los demás factores.

¿Dónde se fundamenta el desarrollo? Puede decirse que el desarrollo camina sobre tres patas: los recursos humanos, los energéticos y las materias primas. La coordinación de estos tres factores determina básicamente el desarrollo tecnológico y el bienestar material.

De los tres factores básicos señalados: hombres, energéticos y materias primas, consideramos como más importante en el desarrollo de un país el primero, esto es, la preparación, educación y nivel cultural de sus habitantes. Así vemos países como Suiza, Francia y Japón, por ejemplo, que gozan de alto nivel de vida con escasísimos recursos materiales (energía y materias primas). Existen así mismo países con abundantes recursos energéticos o de materias primas que no han logrado salir del subdesarrollo. Esto nos lleva a la necesidad de una mejor preparación de los recursos humanos disponibles.

El hombre es quien debe señalar las metas y definir los sistemas operativos que procuren la mejor utilización de los demás factores. El éxito o fracaso del desarrollo dependerá de la profundidad de estudio y de análisis que haga de los recursos disponibles, de los procesos de conversión y transformación y de los sistemas de interacción dinámica para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades, en una palabra, de la programación que hagamos de nuestro desarrollo, tratando siempre de evitar o reducir los problemas que complican o dificultan el real bienestar que se busca.

Los desaciertos en el desarrollo se pagan caros pues se producen desajustes y crisis socioeconómicas que crean un clima de incertidumbre en las garantías de progreso e incluso de supervivencia.

Si bien todos los hombres deben tener conciencia de esta problemática, entendemos que los ingenieros se ven particularmente obligados por la responsabilidad que tienen en el manejo de la energía y de las materias primas, dos factores fundamentales para las transformaciones materiales que propician el desarrollo tecnológico.

## 1.2. FUENTES NATURALES DE LA ENERGÍA.

La energía se presenta en el mundo en diversas formas que pueden reducirse a cuatro orígenes diferentes: a) la radiación solar, b) el calor subterráneo debido a la radiactividad natural, c) las fuerzas gravitacionales y rotacionales del sistema solar y d) las reacciones nucleares que implican un desprendimiento de energía provocada por la fisión o fusión nuclear.

En general los recursos energéticos están constituidos por reservas naturales que tienen su origen en alguna de las causas señaladas. La energía almacenada puede encontrarse en la forma de yacimientos de combustibles fósiles, de materias nucleares, de acumulación de agua, de calor telúrico, o bien se puede presentar en otros estados naturales antes de ser transformada por el hombre a formas más fácilmente utilizables.

Si en ciertos casos es posible utilizar la energía directamente, sin almacenamiento o con un almacenamiento continuamente renovable, la mayor parte de las tecnologías industriales del mundo actual dependen fundamentalmente de recursos fósiles (carbón e hidrocarburos) que son fuente de energía no renovables. En la figura 1.1. Se presentan en forma esquemática las fuentes de energía a través de cinco siglos –del XVIII al XXII inclusive – en parte confirmadas y en parte previsibles, de acuerdo con la orientación que viene teniendo la investigación y el desarrollo.

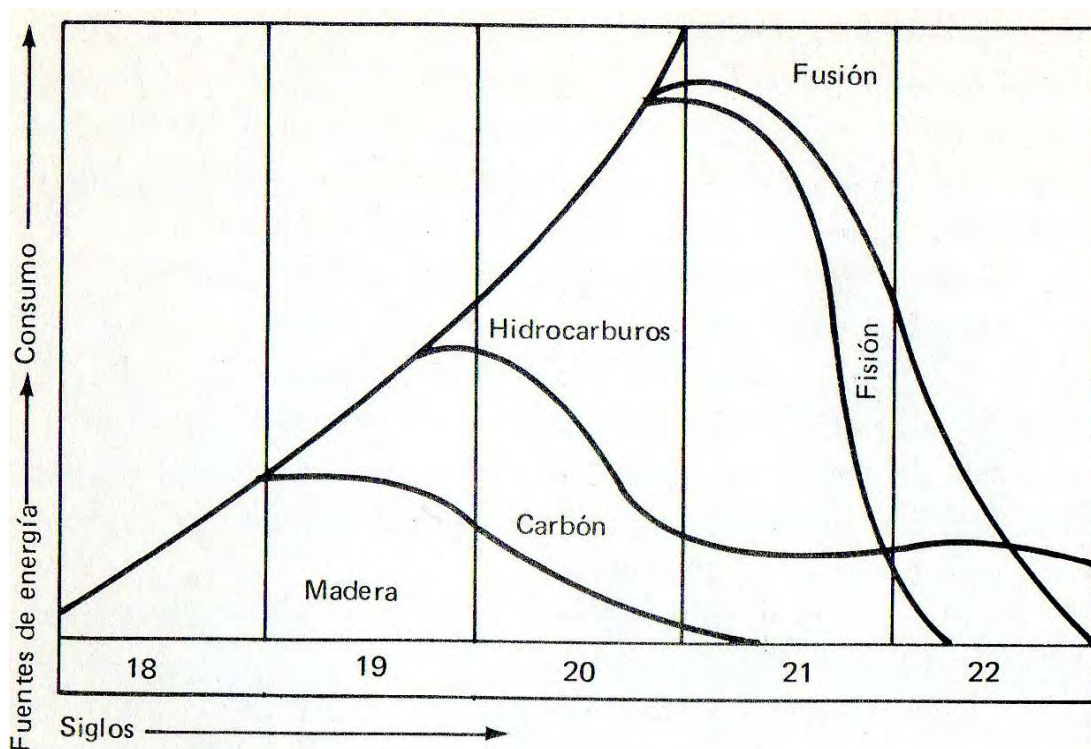


Figura 1.1. Fuentes de energía a través de los siglos.

Los combustibles fósiles (carbón e hidrocarburos) son recursos no renovables. La fusión nuclear aunque en realidad es no renovable se suele considerar como casi inagotable por las posibilidades que ofrece. Si declina su aplicación es por los peligros que puede presentar su uso. La fusión termonuclear del hidrogeno es renovable, el hidrogeno se obtendrá del agua y volverá a ser agua; será una fuente ideal y sin peligros de contaminación.

### **1.3. FUENTES DE ENERGIA ACTUALES.**

En la actualidad la principal fuente de energía la encontramos en los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural, los cuales suministran el 96% de la energía primaria que se consume en el mundo. Entre estos el más abundante en la naturaleza es el carbón, que es también el primero que fue utilizado, y con seguridad, el último que se empleará, pues al petróleo y al gas natural se les da una vida mucho más corta.

El carbón tiene altos costos de extracción. Con la conversión del carbón en gas y otros combustibles ligeros se mejora enormemente la relación masa-energía, reduciéndose además los efectos contaminantes.

En la misma destilación del petróleo se dan condiciones semejantes. Los productos de la destilación fraccionada o del “craking” no tendrán la misma energía total del crudo inicial, pero ofrecen las ventajas de una aplicación diversificada y utilitaria. Aunque en menor grado, también existe pérdida energética en la preparación del gas seco que consumimos en los servicios domésticos e industriales a partir del gas húmedo natural.

Otra fuente importante de energía la encontramos en el agua, la cual se hace capaz de almacenar energía potencial por la acción natural de evaporación producida por el sol, que la eleva formando nubes; estas la descargan sobre las montañas originando corrientes superficiales y ríos, donde la atajamos por medio de presas, creando embalses o depósitos de agua con una energía potencial aprovechable en lo que llamamos saltos de agua. El ciclo es renovable y no se produce agotamiento de la fuente energética, lo que constituye una gran ventaja. Por otra parte, una vez realizadas las instalaciones de utilización los gastos de operación son mínimos. La conversión de la energía del agua en mecánica se realiza por simples procesos dinámicos con auxilio de turbinas hidráulicas de alto rendimiento, las cuales mueven generadores para convertirla en electricidad. La energía hidroeléctrica representa hoy en día aproximadamente un 3.5% del valor total de la energía primaria en el mundo.

Una fuente nueva y significativa de energía es la nuclear, la cual tiene su origen en la reacción nuclear exotérmica producida por rotura de núcleos de elementos pesados, fácilmente fisibles, como el uranio 235 y el torio 232, ante un bombardeo de neutrones. El calor generado se aplica a producir vapor y con el se mueven turbinas que accionan a generadores eléctricos. Significa hoy en día cerca del 0.5% la energía total mundial utilizada.

Entre estas nuevas fuentes adquiere cada día más importancia la energía solar, la cual es origen y motor de la vida en el mundo, presentándose como inagotable.

Otra fuente que se presenta también como inagotable es la energía geotérmica procedente del agua y el vapor hirvientes que brotan de la tierra.

Por fin la energía del viento o eólica que aunque no tiene hasta el momento utilización a escala industrial existen sin embargo algunos grandes proyectos que ofrecen esperanzas. Las turbinas de viento que se usan hoy en día para convertir la energía del viento en energía mecánica tienen una aplicación muy limitada.

#### **1.4. ORGANIGRAMA DE CONVERSIONES ENERGETICAS.**

En la figura 1.2. Presentamos un organigrama de las principales conversiones energéticas que con base en las fuentes naturales conducen a la forma mecánico-eléctrica o a otras formas de aplicación directa.

Las fuentes naturales de energía pueden ser no renovables o renovables. Entre las primeras se señalan los combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas natural. Por simple combustión de estos se obtiene calor que a través de un fluido de trabajo (agua o gas) se convierte en trabajo mecánico y en electricidad. En otros casos los combustibles naturales se convierten en combustibles sintéticos derivados, de lo que también se obtiene calor para las aplicaciones convenientes. Los combustibles sintéticos también se pueden obtener de la descomposición aeróbica y digestión anaeróbica de sustancias orgánicas. Con ciertos productos sintéticos se alimentan celdas de combustible.

Entre las fuentes de energía renovables se citan los aprovechamientos hidráulicos, la energía nuclear, la geotérmica, la solar y la del viento. La energía hidráulica se convierte por sencillos procedimientos dinámicos en energía eléctrica. La energía nuclear puede tener origen en la fisión nuclear o en la fusión termonuclear. La primera se obtiene como resultado de la fisión del uranio 235 o del torio 232, elementos fácilmente fisionables con neutrones lentos.

Se indica también en la figura 1.2. Los autogeneradores nucleares o “fast breeders”. Tanto del proceso de fisión como del de fusión se aprovecha el calor de la reacción exotérmica nuclear, el cual se aplica a la producción de vapor como fluido de trabajo que mueve turbinas que accionan a generadores de electricidad. En la energía geotérmica se aprovecha directamente el calor o vapor para mover a grupos turbogeneradores de electricidad. De la energía solar se aprovecha por una parte el calor, que en general no sufre transformación y se usa directamente; se intenta la conversión del calor en la electricidad. La energía del viento, todavía poco aprovechada, se convierte por medios sencillos en energía mecánico-eléctrica.

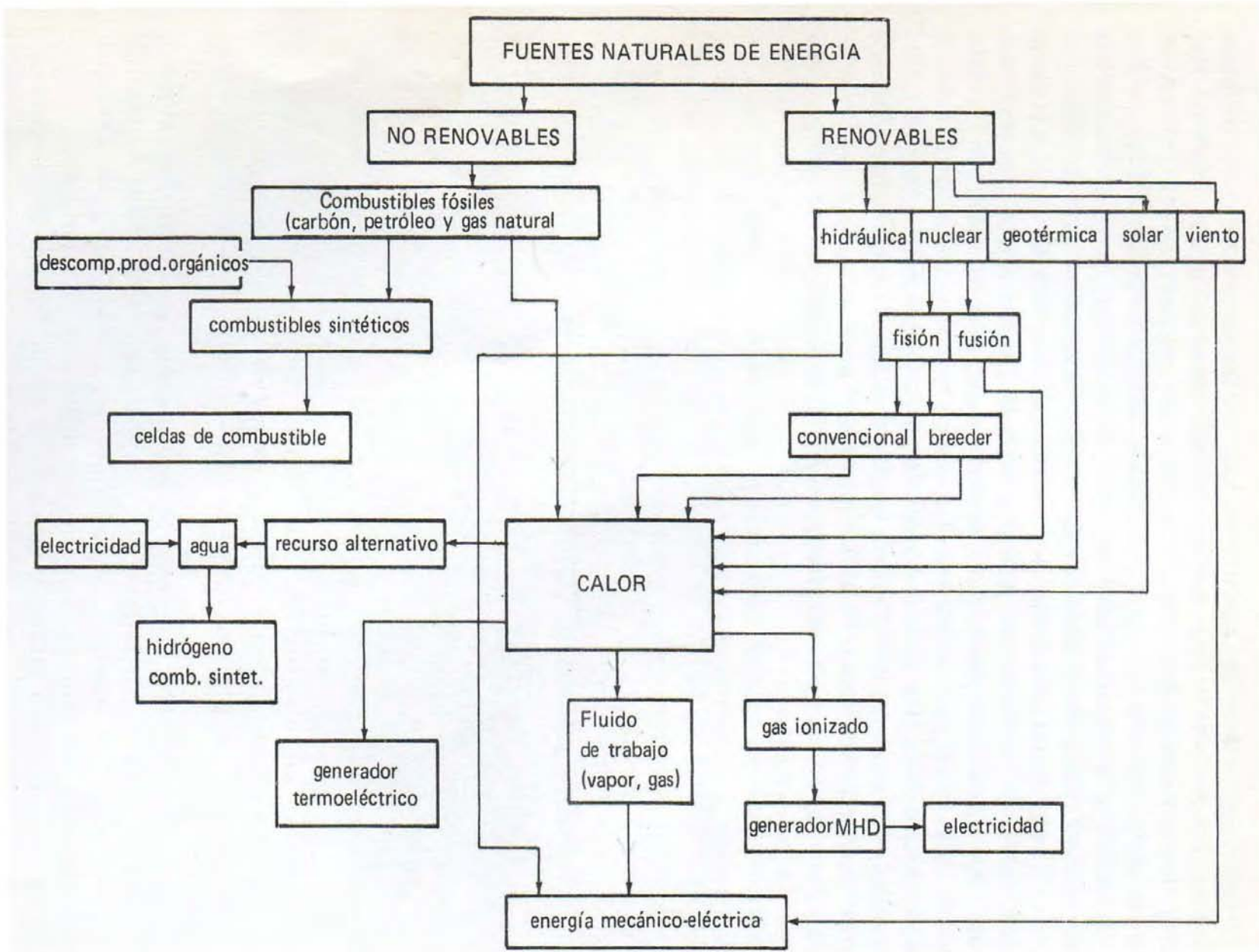


Figura 1.2. Organigrama de conversiones energéticas.

**CAPÍTULO**

**SEGUNDO**

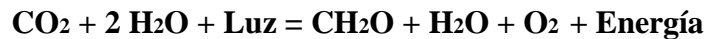
**RECURSOS ENERGÉTICOS**

**NO RENOVABLES**

## 2.1. ORIGEN Y CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES FOSILES.

Como ya se menciono, entre los recursos energéticos no renovables se encuentran los combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural y esquistos. Todos tienen como característica común una fuerte cantidad de carbono reducido, sea en forma de compuestos del carbono (hidrocarburos, kerógeno, productos volátiles del carbón), sea en la forma de carbono elemental.

La formación de los combustibles fósiles está basada en el ciclo del carbono. La biosfera contiene una mezcla compleja de compuestos del carbón en estado de generación continuo. Esta dinámica se mantiene en virtud de la posibilidad que goza el fitoplancton en el mar y las plantas en la tierra, de captar la energía de la luz solar y utilizarla para transformar el bióxido de carbono (y agua) en moléculas orgánicas. El proceso se denomina “fotosíntesis”. La reacción química que se opera es la siguiente:



La molécula del formaldehído (carbohidratos) simboliza el compuesto orgánico más simple; el término “energía” indica que la reacción almacena energía en forma química.

Los combustibles fósiles tienen su origen en materia orgánica, de plantas y organismos primitivos, que vivieron antes del período cámbrico, hace más de quinientos millones de años, y que por movimientos en la corteza terrestre quedaron sepultados en el subsuelo en condiciones que impidieron la oxidación. Por la acción de la presión y la temperatura experimentaron transformaciones que los convirtieron en los combustibles fósiles como hoy los encontramos. Su formación a requerido muchos millones de años y por tanto tenemos que considerarlos como recursos energéticos no renovables.

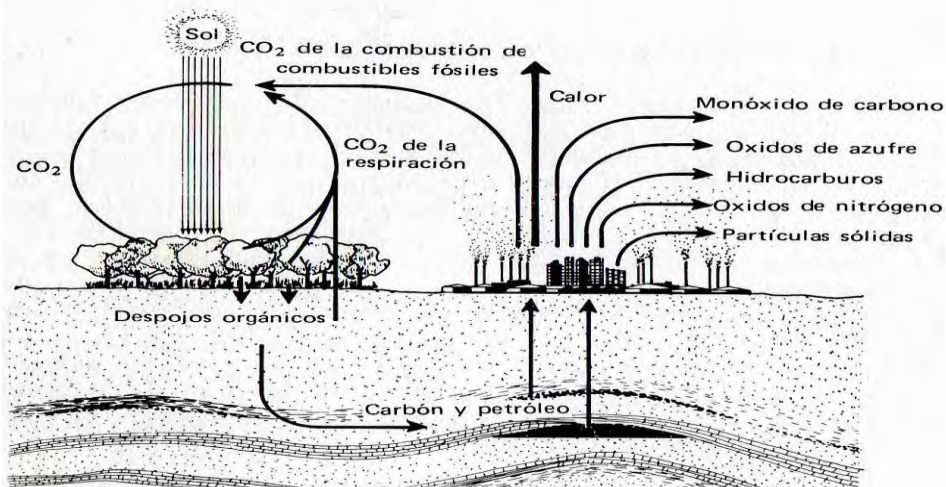


Figura 2.1. Ciclo de la energía que involucra a los combustibles fósiles.



## 2.2. RESERVA DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN NUESTRO PLANETA.

La masa enorme de carbono reducido que se encuentra en nuestro planeta se halla diseminada en rocas sedimentarias (sobre todo esquistos) que se han formado en el transcurso de los últimos 500 millones de años, después que la vida se difundió ampliamente. Se cree que la cantidad total de carbono elemental reducido que se encuentra debajo de la superficie terrestre es del orden de  $10^{15}$  toneladas. La masa total de rocas sedimentarias del mundo se estima en  $2.5 \times 10^{18}$  toneladas. De esta cantidad hay 82% de esquistos, cuya concentración de carbono es de alrededor de 0.7%.

Los estudios más recientes indican que los recursos de los combustibles fósiles sólidos (carbón y esquistos) son de alrededor de  $12 \times 10^{12}$  toneladas, de los cuales  $1.1 \times 10^{12}$  toneladas se consideran reservas comprobadas, esto es, algo menos del 10%. Las reservas comprobadas de petróleo bruto son de  $91.6 \times 10^9$  toneladas y las de gas natural  $37.4 \times 10^9$  toneladas ( $52,400 \text{ Km}^3$ ). Los recursos totales de petróleo y gas natural no se conocen bien en parte por su variable contenido energético.

Por recursos energéticos fósiles entendemos el valor total de recurso que estimamos que almacena la tierra. Las reservas significan aquella parte de los recursos que en alguna forma puede ser aprovechada por el hombre, bien sea en la actualidad o en un futuro previsible. Para ilustrar la relación entre reservas y recursos se ofrece el diagrama de McKelvey figura 2.2. La superficie total del diagrama representa los recursos totales (descubiertos o supuestos) ; la superficie superior izquierda representa las reservas. Las reservas totales de petróleo y gas natural comprenden la mayor parte de materiales que existen en yacimientos a los que se puede llegar por perforación (10 Km.); los recursos totales en combustibles sólidos se limitan a venas de 20 a 30 cm. de espesor mínimo, lo que excluye a grandes cantidades de carbón que se hallan en venas de menor espesor.

El diagrama de McKelvey no representa más que la situación en los momentos actuales; a medida que las condiciones económicas y tecnológicas se modifiquen también puede variar la línea horizontal de base de las reservas, como también las líneas de separación de las reservas comprobadas, las probables y las posibles.

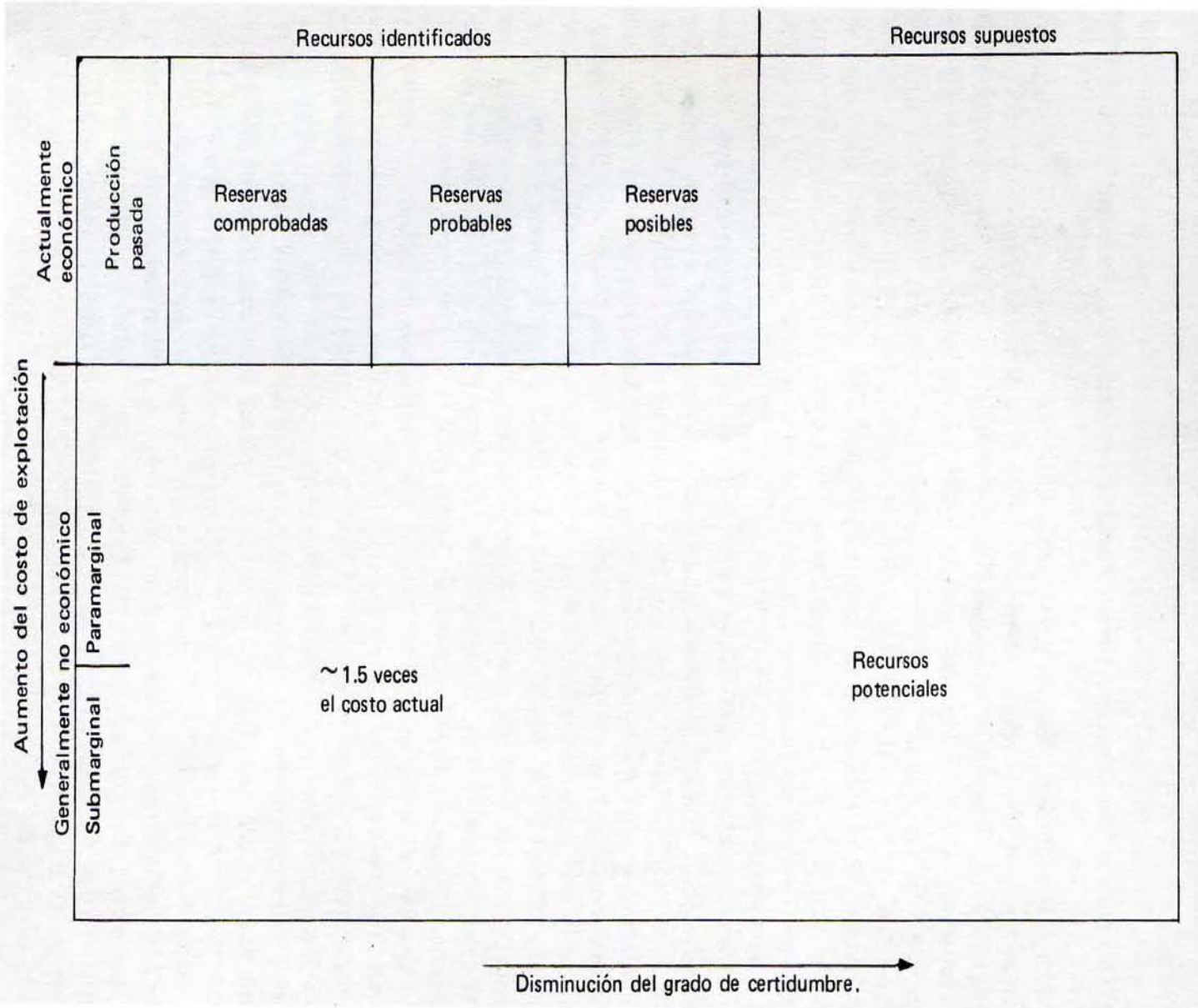


Figura 2.2. Diagrama McKelvey tipo para reservas y recursos de combustibles fósiles

**CAPÍTULO**  
**TERCERO**

**EL CARBÓN**

### 3.1. DEFINICION

El **carbón** o carbón mineral es una roca sedimentaria utilizada como combustible fósil, de color negro, muy rico en carbono. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla. Se cree que la mayor parte del carbón se formó durante la era carbonífera (hace 280 a 345 millones de años).



**Figura 3.1. Carbón**

### 3.2. FORMACIÓN DEL CARBÓN

El carbón se origina por descomposición de vegetales terrestres, hojas, maderas, cortezas, y esporas, que se acumulan en zonas pantanosas, lagunares o marinas, de poca profundidad. Los vegetales muertos se van acumulando en el fondo de una cuenca. Quedan cubiertos de agua y, por lo tanto, protegidos del aire que los destruiría. Comienza una lenta transformación por la acción de bacterias anaerobias, un tipo de microorganismos que no pueden vivir en presencia de oxígeno. Con el tiempo se produce un progresivo enriquecimiento en carbono. Posteriormente pueden cubrirse con depósitos arcillosos, lo que contribuirá al mantenimiento del ambiente anaerobio, adecuado para que continúe el proceso de carbonificación. Los geólogos estiman que una capa de carbón de un metro de espesor proviene de la transformación por el proceso de diagénesis de más de diez metros de limos carbonosos.

Los depósitos de carbón están frecuentemente asociados con el mercurio. Hay otra teoría que explica que el carbón se forma con emanaciones continuas de gas metano en las profundidades de tierra

En las cuencas carboníferas las capas de carbón están intercaladas con otras capas de rocas sedimentarias como areniscas, arcillas, conglomerados y, en algunos casos, rocas metamórficas como esquistos y pizarras. Esto se debe a la forma y el lugar donde se genera el carbón.

Si, por ejemplo, un gran bosque está situado cerca del litoral y el mar invade la costa, el bosque queda progresivamente sumergido, por descenso del continente o por una transgresión marina, y los vegetales muertos y caídos se acumulan en la plataforma litoral. Si continúa el descenso del continente o la invasión del mar, el bosque queda totalmente inundado. Las zonas emergidas cercanas comienzan a erosionarse y los productos resultantes, arenas y arcillas, cubren los restos de los vegetales que se van transformando en carbón. Si se retira el mar, puede desarrollarse un nuevo bosque y comenzar otra vez el ciclo.

En las cuencas hulleras se conservan, tanto en el carbón como en las rocas intercaladas, restos y marcas de vegetales terrestres que pertenecen a especies actualmente desaparecidas. El tamaño de las plantas y la exuberancia de la vegetación permiten deducir que el clima en el que se originó el carbón era probablemente clima tropical.

### **3.3. TIPOS DE CARBÓN**

Existen diferentes tipos de carbones minerales en función del grado de carbonificación que haya experimentado la materia vegetal que originó el carbón. Estos van desde la turba, que es el menos evolucionado y en que la materia vegetal muestra poca alteración, hasta la antracita que es el carbón mineral con una mayor evolución. Esta evolución depende de la edad del carbón, así como de la profundidad y condiciones de presión, temperatura, entorno, etc., en las que la materia vegetal evolucionó hasta formar el carbón mineral.

El rango de un carbón mineral se determina en función de criterios tales como su contenido en materia volátil, contenido en carbono fijo, humedad, poder calorífico, etc. Así, a mayor rango, mayor es el contenido en carbono fijo y mayor el poder calorífico, mientras que disminuyen su humedad natural y la cantidad de materia volátil. Existen varias clasificaciones de los carbones según su rango. Una de las más utilizadas divide a los carbones de mayor a menor rango en:

- Antracita
- Bituminoso bajo en volátiles
- Bituminoso medio en volátiles
- Bituminoso alto en volátiles
- Sub-bituminoso
- Lignito
- Turba

La hulla es un carbón mineral de tipo bituminoso medio y alto en volátiles.

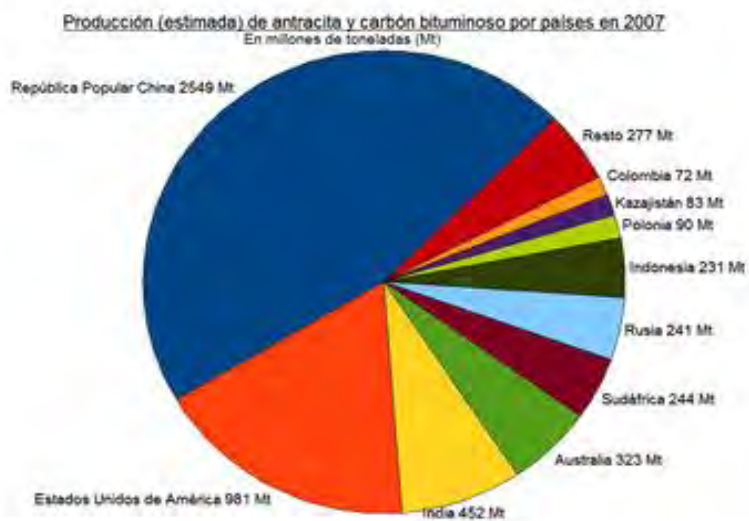
### 3.4. PRODUCCIÓN Y RESERVAS

La producción mundial de carbón en los últimos años ha sido:

	<b>Carbón bituminoso y antracita</b>	<b>Carbón sub-bituminoso y lignito</b>
2007	5.543 Mt	945 Mt
2006	5.205 Mt	937 Mt
2005	4.934 Mt	906 Mt
2004	4.631 Mt	893 Mt
2003	4.231 Mt	893 Mt
2002	3.910 Mt	882 Mt
2001	3.801 Mt	897 Mt

Fuente: World Coal Institute

Mt (millones de toneladas)



**Figura 3.2. Reparto de la producción por países en 2007**

Los 10 países mayores productores de carbón bituminoso y antracita en el año 2007 fueron:

<b>País</b>	<b>Producción*</b>
República Popular China	2.549 Mt
Estados Unidos de América	981 Mt
India	452 Mt
Australia	323 Mt
Sudáfrica	244 Mt
Rusia	241 Mt
Indonesia	231 Mt
Polonia	90 Mt
Kazajstán	83 Mt
Colombia	72 Mt

Fuente: World Coal Institute - \* Estimaciones

Las reservas de carbón se encuentran muy repartidas, con 70 países con yacimientos aprovechables. Al ritmo actual de consumo se calcula que existen reservas seguras para 133 años, por 42 y 60 del petróleo y el gas, respectivamente. Además, el 67% de las reservas de petróleo y el 66% de las de gas se encuentran en Oriente Medio y Rusia.

El hombre extrae carbón desde la Edad Media. En los yacimientos poco profundos la explotación es a cielo abierto. Sin embargo, por lo general las explotaciones de carbón se hacen con minería subterránea ya que la mayoría de las capas se encuentran a cientos de metros de profundidad.



**Figura 3.3. Mina de carbón a cielo abierto en Garzweiler, Alemania. Panorámica en alta resolución.**

### 3.5. APLICACIONES

El carbón suministra el 25% de la energía primaria consumida en el mundo, sólo por detrás del petróleo. Además es de las primeras fuentes de energía eléctrica, con 40% de la producción mundial (datos de 2006). Las aplicaciones principales del carbón son:

1. Generación de energía eléctrica. Las centrales térmicas de carbón pulverizado constituyen la principal fuente mundial de energía eléctrica. En los últimos años se han desarrollado otros tipos de centrales que tratan de aumentar el rendimiento y reducir las emisiones contaminantes, entre ellas las centrales de lecho fluido a presión. Otra tecnología en auge es la de los ciclos combinados que utilizan como combustible gas de síntesis obtenido mediante la gasificación del carbón.
2. Coque. El coque es el producto de la pirolisis del carbón en ausencia de aire. Es utilizado como combustible y reductor en distintas industrias, principalmente en los altos hornos (coque siderúrgico). Dos tercios del acero mundial se producen utilizando coque de carbón, consumiendo en ello 12% de la producción mundial de carbón (cifras de 2003).
3. Siderurgia. Mezclando minerales de hierro con carbón se obtiene una aleación en la que el hierro se enriquece en carbono, obteniendo mayor resistencia y elasticidad. Dependiendo de la cantidad de carbono, se obtiene:
  1. Hierro dulce: menos del 0,2 % de carbono
  2. Acero: entre 0,2% y 1,2% de carbono
  3. Fundición: más del 1,2% de carbono
4. Industrias varias. Se utiliza en las fábricas que necesitan mucha energía en sus procesos, como las fábricas de cemento y de ladrillos.
5. Uso doméstico. Históricamente el primer uso del carbón fue como combustible doméstico. Aun hoy sigue siendo usado para calefacción, principalmente en los países en vías de desarrollo, mientras que en los países desarrollados ha sido desplazados por otras fuentes más limpias de calor (gas natural, propano, butano, energía eléctrica) para rebajar el índice de contaminación.
6. Carboquímica. La carboquímica es practicada principalmente en África del Sur y China. Mediante el proceso de gasificación se obtiene del carbón un gas llamado gas de síntesis, compuesto principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono. El gas de síntesis es una materia prima básica que puede transformarse en numerosos productos químicos de interés como, por ejemplo:
  1. Amoníaco
  2. Metanol

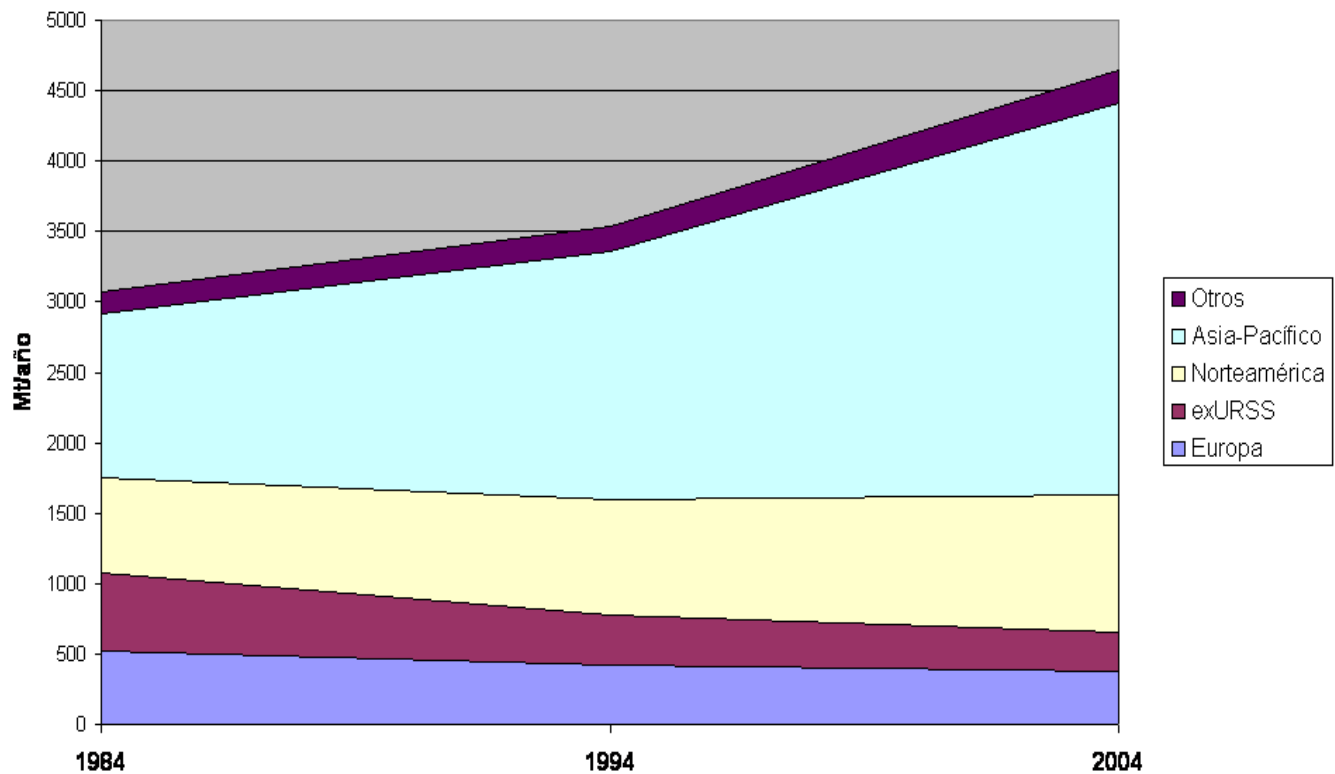


3. Gasolina y gasóleo de automoción a través del proceso Fischer-Tropsch (proceso químico para la producción de hidrocarburos líquidos a partir de gas de síntesis, CO y H<sub>2</sub>)
7. Petróleo sintético. Mediante el proceso de licuefacción directa, el carbón puede ser transformado en un crudo similar al petróleo. La licuefacción directa fue practicada ampliamente en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial pero en la actualidad no existe ninguna planta de escala industrial en el mundo.

Estas dos últimas aplicaciones antiguas son muy contaminantes y requieren mucha energía, desperdiciando así un tercio del balance energético global. Debido a la crisis del petróleo se han vuelto a utilizar.

### Evolución del consumo de carbón en el mundo

(excluyendo lignitos y turbas)



**Figura 3.4. Evolución del consumo de carbón en el mundo**

**CAPÍTULO**

**CUARTO**

**EL PETRÓLEO**

## 4.1. ORIGEN Y FORMACIÓN DEL PETRÓLEO

El petróleo es un compuesto químico complejo en el que coexisten partes sólidas, líquidas y gaseosas. Lo forman, por una parte, unos compuestos denominados hidrocarburos, formados por átomos de carbono e hidrógeno y, por otra, pequeñas proporciones de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales. Se presenta de forma natural en depósitos de roca sedimentaria y sólo en lugares en los que hubo mar.

Su color es variable, entre el ámbar y el negro y el significado etimológico de la palabra petróleo es aceite de piedra, por tener la textura de un aceite y encontrarse en yacimientos de roca sedimentaria

### ORIGEN

Factores para su formación:

- Ausencia de aire
- Restos de plantas y animales (sobre todo, plancton marino)
- Gran presión de las capas de tierra
- Altas temperaturas
- Acción de bacterias

Los restos de animales y plantas, cubiertos por arcilla y tierra durante muchos millones de años –sometidos por tanto a grandes presiones y altas temperaturas–, junto con la acción de bacterias anaerobias (es decir, que viven en ausencia de aire) provocan la formación del petróleo.

El hecho de que su origen sea muy diverso, dependiendo de la combinación de los factores anteriormente citados, provoca que su presencia sea también muy variada: líquido, dentro de rocas porosas y entre los huecos de las piedras; volátil, es decir, un líquido que se vuelve gas al contacto con el aire; semisólido, con textura de ceras. En cualquier caso, el petróleo, de por sí, es un líquido y se encuentra mezclado con gases y con agua.

### LOCALIZACIÓN

Al ser un compuesto líquido, su presencia no se localiza habitualmente en el lugar en el que se generó, sino que ha sufrido previamente un movimiento vertical o lateral, filtrándose a través de rocas porosas, a veces una distancia considerable, hasta encontrar una salida al exterior –en cuyo caso parte se evapora y parte se oxida al contactar con el aire, con lo cual el petróleo en sí desaparece– o hasta encontrar una roca no porosa que le impide la salida. Entonces se habla de un yacimiento.

**NOTA:** El petróleo no forma lagos subterráneos; siempre aparece impregnado en rocas porosas.

## **4.2. EXPLORACIÓN**

Para descubrir los lugares donde existen yacimientos de petróleo no existe un método científico exacto, sino que es preciso realizar multitud de tareas previas de estudio del terreno. Los métodos empleados, dependiendo del tipo de terreno, serán geológicos o geofísicos.

### **MÉTODOS GEOLÓGICOS**

El primer objetivo es encontrar una roca que se haya formado en un medio propicio para la existencia del petróleo, es decir, suficientemente porosa y con la estructura geológica de estratos adecuada para que puedan existir bolsas de petróleo.

Hay que buscar, luego, una cuenca sedimentaria que pueda poseer materia orgánica enterrada hace más de diez millones de años.

Para todo ello, se realizan estudios geológicos de la superficie, se recogen muestras de terreno, se inspecciona con Rayos X, se perfora para estudiar los estratos y, finalmente, con todos esos datos se realiza la carta geológica de la región que se estudia.

Tras nuevos estudios “sobre el terreno” que determinan si hay rocas petrolíferas alcanzables mediante prospección, la profundidad a la que habría que perforar, etc., se puede llegar ya a la conclusión de si merece la pena o no realizar un pozo-testigo o pozo de exploración. De hecho, únicamente en uno de cada diez pozos exploratorios se llega a descubrir petróleo y sólo dos de cada cien dan resultados que permiten su explotación de forma rentable.

### **MÉTODOS GEOFÍSICOS**

Cuando el terreno no presenta una estructura igual en su superficie que en el subsuelo (por ejemplo, en desiertos, en selvas o en zonas pantanosas), los métodos geológicos de estudio de la superficie no resultan útiles, por lo cual hay que emplear la Geofísica, ciencia que estudia las características del subsuelo sin tener en cuenta las de la superficie.

Aparatos como el gravímetro permiten estudiar las rocas que hay en el subsuelo. Este aparato mide las diferencias de la fuerza de la gravedad en las diferentes zonas de suelo, lo que permite determinar qué tipo de roca existe en el subsuelo.

Con los datos obtenidos se elabora un “mapa” del subsuelo que permitirá determinar en qué zonas es más probable que pueda existir petróleo.

También se emplea el magnetómetro, aparato que detecta la disposición interna de los estratos y de los tipos de roca gracias al estudio de los campos magnéticos que se crean.

Igualmente se utilizan técnicas de prospección sísmica, que estudian las ondas de sonido, su reflexión y su refracción, datos éstos que permiten determinar la composición de las rocas del subsuelo. Así, mediante una explosión, se crea artificialmente una onda sísmica que atraviesa diversos terrenos, que es refractada (desviada) por algunos tipos de roca y que es reflejada (devuelta) por otros y todo ello a diversas velocidades.

Estas ondas son medidas en la superficie por sismógrafos.

Más recientemente, las técnicas sísmicas tridimensionales de alta resolución permiten obtener imágenes del subsuelo en su posición real, incluso en situaciones estructurales complejas pero, con todo, la presencia de petróleo no está demostrada hasta que no se procede a la perforación de un pozo.



**Figura 4.1. Sismógrafo**

### **4.3. EXTRACCIÓN**

Aunque en un principio se empleó el método de percusión, cuando los pozos petrolíferos estaban situados a poca profundidad y bajo rocas de gran dureza, dicha técnica desde mediados del siglo XX dejó paso al método de rotación, ya que la mayor parte del petróleo se ha determinado que se encuentra a una profundidad de entre 900 y 5.000 metros, aunque hay pozos que llegan a los 7.000 u 8.000 metros.

#### **Método de rotación**

Consiste en un sistema de tubos acoplados unos a continuación de otros que, impulsados por un motor, van girando y perforando hacia abajo. En el extremo se halla una broca o trépano con dientes que rompen la roca, cuchillas que la separan y diamantes que la perforan, dependiendo del tipo de terreno. Además, existe un sistema de polea móvil del que se

suspende el conjunto de los tubos que impide que todo el peso de los tubos –los pozos tienen profundidades de miles de metros– recaiga sobre la broca.

### **Encamisado**

Para evitar que las paredes del pozo se derrumben durante la perforación y, al mismo tiempo, la estructura de los estratos del subsuelo permanezca inalterada, según se va perforando el pozo, éste va siendo recubierto mediante unas paredes –o camisas– de acero de un grosor de entre 6 y 12 milímetros.

### **Aprovechamiento de yacimiento**

Los cálculos realizados históricamente permiten afirmar que habitualmente una bolsa de petróleo sólo suele ser aprovechada entre un 25% y un 50% de su capacidad total. El petróleo suele estar acompañado en las bolsas por gas. Ambos, por la profundidad a la que se hallan, están sometidos a altas presiones–el gas, por esa circunstancia, se mantiene en estado líquido–. Al llegar la broca de perforación, la rotura de la roca impermeable provoca que la presión baje, por lo que, por un lado, el gas deja de estar disuelto y se expande y el petróleo deja de tener el obstáculo de la roca impermeable y suele ser empujado por el agua salada que impregna generalmente la roca porosa que se encuentra por debajo de la bolsa de petróleo. Estas dos circunstancias hacen que el petróleo suba a la superficie.

### **Bombeo del petróleo**

Sin embargo, llega un momento en que la presión interna de la bolsa disminuye hasta un punto en que el petróleo deja de ascender solo -y, por otro lado, el gas, cada vez menor, deja de presionar sobre el crudo–, por lo que hay que forzarlo mediante bombas para que suba.

Este bombeo se realiza hasta el momento en que el coste del sistema de extracción es mayor que la rentabilidad que se obtiene del petróleo, por lo que el pozo es abandonado.

### **Inyección de agua.**

Para aumentar la rentabilidad de un yacimiento se suele utilizar un sistema de inyección de agua mediante pozos paralelos. Mientras que de un pozo se extrae petróleo, en otro realizado cerca del anterior se inyecta agua en la bolsa, lo que provoca que la presión no baje y el petróleo siga siendo empujado a la superficie, y de una manera más rentable que las bombas.

Este sistema permite aumentar la posibilidad de explotación de un pozo hasta, aproximadamente, un 33% de su capacidad. Dependiendo de las características del terreno, esta eficiencia llega al 6



**Figura 4.2. Bombeo del petróleo**

#### **Inyección de vapor.**

En yacimientos con petróleo muy viscoso (con textura de cera) se utiliza la inyección de vapor, en lugar de agua, lo que permite conseguir dos efectos:

- 1.) Por un lado, se aumenta, igual que con el agua, la presión de la bolsa de crudo para que siga ascendiendo libremente.
- 2.) Por otro, el vapor reduce la viscosidad del crudo, con lo se hace más sencilla su extracción, ya que fluye más deprisa.

#### **Extracción en el mar.**

El avance en las técnicas de perforación ha permitido que se puedan desarrollar pozos desde plataformas situadas en el mar (off-shore), en aguas de una profundidad de varios cientos de metros.

En ellos, para facilitar la extracción de la roca perforada se hace circular constantemente lodo a través del tubo de perforación y un sistema de toberas en la propia broca.

Con ello, se han conseguido perforar pozos de 6.400 metros de profundidad desde el nivel del mar, lo que ha permitido acceder a una parte importante de las reservas mundiales de petróleo.



**Figura 4.3. Extracción en el mar**

#### 4.4. RESERVAS MUNDIALES. PRODUCCIÓN Y DURACIÓN

A finales de 2006, las reservas mundiales probadas de petróleo ascendían a 164.500 millones de toneladas, equivalentes a 1, 21 billones de barriles.

##### Por países

El 79,5% de esas reservas se encuentran en los 11 países pertenecientes a la Organización de Países Productores de Petróleo (OPEP) –Arabia Saudita, Argelia, Emiratos Árabes Unidos, Indonesia, Irak, Irán, Kuwait, Libia, Nigeria, Qatar y Venezuela–. El 6,6 % del total mundial se encuentra en países pertenecientes a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), formada por 30 países entre los que se encuentran los económicamente más potentes del mundo. El resto, un 13,9%, está repartido en los demás países del mundo.

Esto quiere decir que el 83,9 % de las reservas actualmente existentes de petróleo en el mundo se encuentran en esos 12 países.

País	Porcentaje sobre el total de reservas mundiales
Arabia Saudita	21,9
Irán	11,4
Irak	9,5
Emiratos Árabes Unidos	8,1
Kuwait	8,4
Venezuela	6,6
Rusia	6,6
Libia	3,4
Nigeria	3
Estados Unidos	2,5
China	1,3
México	1,1

Fuente: BP statistical review of world energy June 2007  
(Datos de 2006)

##### Países del mundo con más petróleo en su subsuelo



## Por zonas.

En el siguiente gráfico se expresan las reservas mundiales de crudo por zonas geográficas: Es decir, que dos tercios de las reservas mundiales de petróleo se encuentran en Oriente Medio.

El porcentaje que consume cada zona no tiene nada que ver con sus reservas:

### Reservas por zonas



Zona	Reservas % s/total	Consumo % s/total
<b>Oriente Medio</b>	61,5	7,2
<b>Europa y Asia</b>	12	24,9
<b>Sur y Centro de América</b>	8,6	6,1
<b>África</b>	9,7	3,4
<b>América del Norte</b>	5,0	28,9
<b>Asia-Pacífico</b>	3	29,5

Fuente: BP statistical review of world energy June 2007. (Datos de 2006)

## Producción

En 2006 se produjeron 3.914 millones de toneladas de petróleo, prácticamente la misma cantidad que en 2005 (3. 897 toneladas).

### Datos de producción 2002-2006

Año	Millones de toneladas	Miles de barriles diarios
<b>2006</b>	3.914	81.663
<b>2005</b>	3.897	81.250
<b>2004</b>	3.863	80.244
<b>2003</b>	3.701	77.056
<b>2002</b>	3.576	74.496

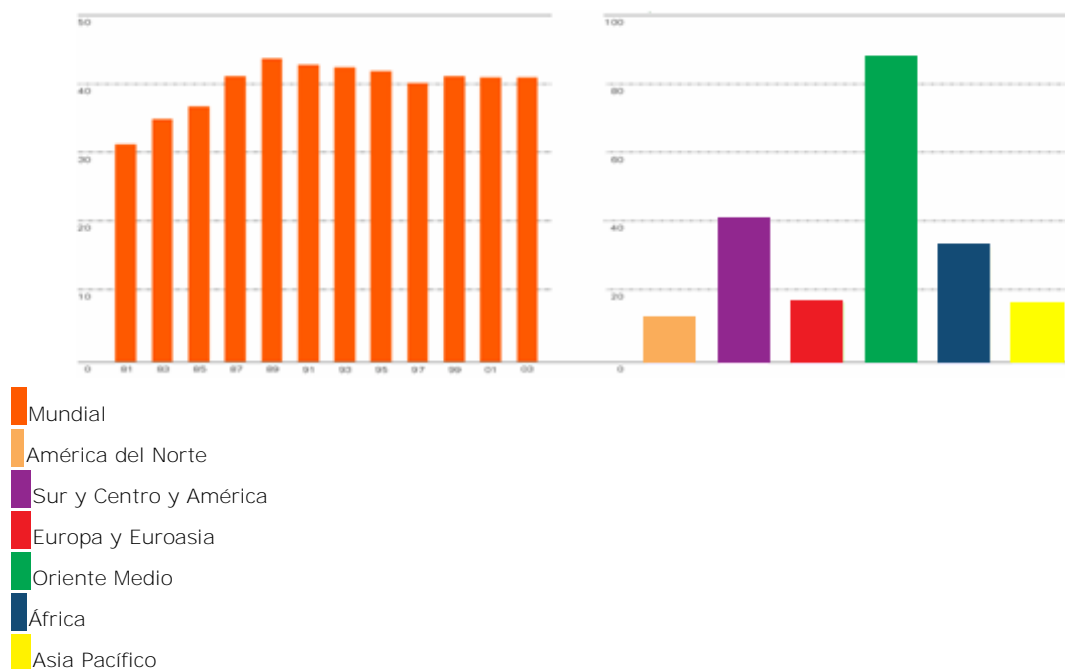
Fuente: BP statistical review of world energy June 2007 (Datos de 2006)

### Duración de las reservas mundiales de petróleo.

El dato sobre la producción de barriles de petróleo es de gran importancia en tanto en cuanto permite averiguar la duración de las reservas mundiales si no se efectuasen nuevos descubrimientos.

De esta forma, si la producción de petróleo siguiera en el futuro al mismo ritmo que en 2006, las reservas mundiales –salvo que se encontrasen nuevos yacimientos– durarían 40,5 años. En los últimos 30 años, la capacidad máxima de reservas de petróleo se alcanzó en 1989, cuando se estimó que éstas durarían aproximadamente 44 años más.

Los dos siguientes cuadros muestran la evolución de la duración de las reservas mundiales de petróleo en el mundo en el período 1982- 2006 (cuadro de la izquierda) y la duración estimada de las reservas por zonas en el año 2006 (cuadro de la derecha). En 2006 descendió ligeramente la capacidad de reservas mundiales. En la última década el ratio reservas /producción de petróleo se mantuvo en términos estables, aunque con un ligero descenso (40,5 en 2006 y 41 en 1996).



Fuente: BP statistical review of world energy June 2007 (Datos de 2006)

## 4.5. TRANSPORTE Y MERCADOS DE CONSUMO

Normalmente, los pozos petrolíferos se encuentran en zonas muy alejadas de los lugares de consumo, por lo que el transporte del crudo se convierte en un aspecto fundamental de la industria petrolera, que exige una gran inversión, tanto si el transporte se realiza mediante oleoductos, como si se realiza mediante buques especiales denominados “petroleros”.

Al principio de la industria petrolífera, el petróleo generalmente se refinaba cerca del lugar de producción. A medida que la demanda fue en aumento, se consideró más conveniente transportar el crudo a las refinerías situadas en los países consumidores.

Por este motivo, el papel del transporte en la industria petrolífera es muy importante. Hay que tener en cuenta que, según los últimos datos publicados en el BP Statistical Review of World Energy June 2007, Europa importa el 68,5% de sus necesidades y Japón, el 99%.

Los países que se autoabastecen también necesitan disponer de redes de transporte eficaces, puesto que sus yacimientos más importantes se encuentran a millares de kilómetros de los centros de tratamiento y consumo, como ocurre en Estados Unidos, Rusia, Canadá o América del Sur.

En Europa, el aprovisionamiento de zonas industriales alejadas del mar exige el equipamiento de puertos capaces de recibir los superpetroleros de 300.000 y 500.000 Tm de carga, almacenamientos para la descarga y tuberías de conducción de gran capacidad.

### **MEDIOS DE TRANSPORTE.**

Aunque todos los medios de transporte son buenos para conducir este producto (el mar, la carretera, el ferrocarril o la tubería), el petróleo crudo utiliza sobretodo dos medios de transporte masivo: los oleoductos de caudal continuo y los petroleros de gran capacidad.

Los otros medios de transporte (barcos de cabotaje, gabarras, vagones cisterna o camiones cisterna, entre otros) se utilizan, salvo casos excepcionales, como vehículos de distribución de productos terminados derivados del petróleo.

**En la actualidad no hay en el comercio internacional mercancía individual cuyo transporte supere en volumen o valor al del petróleo.**

La ventaja del petróleo es que su fluidez permite el transporte a granel, lo que reduce los gastos al mínimo y permite una automatización casi completa del proceso. Gracias a los adelantos técnicos de hoy en día, basta en muchos casos con hacer la conexión de tuberías y proceder a la apertura o cierre de válvulas, muchas veces de forma automática y a distancia con telecontrol.

## **Oleoductos**

Un oleoducto es el conjunto de instalaciones que sirve de transporte por tubería de los productos petrolíferos líquidos, en bruto o refinados. El término oleoducto comprende no sólo la tubería en sí misma, sino también las instalaciones necesarias para su explotación: depósitos de almacenamiento, estaciones de bombeo, red de transmisiones, conexiones y distribuidores, equipos de limpieza, control medioambiental, etc.

El diámetro de la tubería de un oleoducto oscila entre 10 centímetros y un metro. Los oleoductos de petróleo crudo comunican los depósitos de almacenamiento de los campos de extracción con los depósitos costeros o, directamente, con los depósitos de las refinerías.

En los países que se suministran de crudos por vía marítima, el oleoducto asegura el enlace entre los depósitos portuarios de recepción y las refinerías del interior.



**Figura 4.4. Oleoducto**

En la actualidad hay en el mundo más de 1.500.000 kilómetros de tubería destinados al transporte de crudos y de productos terminados, de los cuales el 70 por ciento se utilizan para gas natural, el 20 por ciento para crudos y el 10 por ciento restante para productos terminados (carburantes).

Los Estados Unidos tienen la red de oleoductos más densa del mundo. En Europa existen cinco grandes líneas de transporte de crudo que, partiendo de los terminales marítimos de Trieste, Génova, Lavera, Rotterdam y Wilhelmshaven, llevan el petróleo a las refinerías del interior. Esta red es de 3.700 kilómetros, una extensión que se queda pequeña si se compara con los 5.500 kilómetros del oleoducto del Comecón o de la Amistad, que parte de la cuenca del Volga-Urales (600 kilómetros al este de Moscú) y que suministra crudo a Polonia, Alemania, Hungría y otros países centro europeos.

### **Cómo funciona un oleoducto.**

El petróleo circula por el interior de la conducción gracias al impulso que proporcionan las estaciones de bombeo, cuyo número y potencia están en función del volumen a transportar, de la viscosidad del producto, del diámetro de la tubería, de la resistencia mecánica y de los obstáculos geográficos a sortear. En condiciones normales, las estaciones de bombeo se encuentran situadas a 50 kilómetros unas de otras.

El crudo parte de los depósitos de almacenamiento, donde por medio de una red de canalizaciones y un sistema de válvulas se pone en marcha la corriente o flujo del producto. Desde un puesto central de control se dirigen las operaciones y los controles situados a lo largo de toda la línea de conducción. El cierre y apertura de válvulas y el funcionamiento de las bombas se regulan por mando a distancia.

### **Petroleros**

Los petroleros son los mayores navíos de transporte que existen hoy en día en el mundo. Son inmensos depósitos flotantes que pueden llegar a medir 350 metros de largo (eslora) y alcanzar las 250.000 toneladas de peso muerto (TPM).

Actualmente se transportan por mar más de mil millones de toneladas de crudo al año en todo el mundo.

El petrolero es el medio más económico para transportar petróleo a grandes distancias y tiene la ventaja de una gran flexibilidad de utilización. Su principal característica es la división de su espacio interior en cisternas individuales, lo que permite separar los diferentes tipos de petróleo o sus productos derivados.



**Figura 4.5. Buque de extracción y almacenamiento de crudo**

## **4.6. REFINO Y OBTENCIÓN DE PRODUCTOS**

El petróleo, tal como se extrae del yacimiento, no tiene aplicación práctica alguna. Por ello, se hace necesario separarlo en diferentes fracciones que sí son de utilidad. Este proceso se realiza en las refinerías.

Una refinería es una instalación industrial en la que se transforma el petróleo crudo en productos útiles para distintas aplicaciones energéticas o de otro tipo. El conjunto de operaciones que se realizan en las refinerías para conseguir estos productos se denominan “procesos de refino”.

La industria del refino tiene como finalidad obtener del petróleo la mayor cantidad posible de productos de calidad bien determinada, que van desde los gases ligeros, como el propano y el butano, hasta las fracciones más pesadas y asfaltos, pasando por otros productos intermedios como las gasolinas, el gasoil , aceites lubricantes y las naftas.

El petróleo bruto contiene todos estos productos en potencia porque está compuesto casi exclusivamente de hidrocarburos, cuyos dos elementos son el carbón y el hidrógeno. Ambos elementos al combinarse entre sí pueden formar infinita variedad de moléculas.

## **PROCESOS DE REFINO**

Los procesos de refino dentro de una refinería se pueden clasificar, por orden de realización y de forma general, en destilación, conversión y tratamiento.

Antes de comenzar este proceso se realiza un análisis de laboratorio del petróleo, puesto que no todos los petróleos son iguales, ni de todos se pueden extraer las mismas sustancias. A continuación se realizan una serie de refinados “piloto” donde se experimentan a pequeña escala todas las operaciones de refino. Una vez comprobados los pasos a realizar, se inicia el proceso.

### **Destilación**

La destilación es la operación fundamental para el refino del petróleo, es una operación física, pues no se producen cambios en la composición química del petróleo sino que su objetivo es conseguir, mediante calor, separar los diversos componentes del crudo. Cuando el crudo llega a la refinería es sometido a un proceso denominado “destilación fraccionada”. En éste, el petróleo calentado es alimentado, a una columna llamada también “torre de fraccionamiento o de destilación”.

El petróleo pasa primero por un calentador, en el que alcanza una temperatura de 370°C y posteriormente es introducido en una torre, donde comienza a circular y a evaporarse. De esta forma se separan los productos ligeros y los residuos.



**Figura 4.6. Refinería**

Los hidrocarburos con menor masa molecular son los que se vaporizan a temperaturas más bajas y a medida que aumenta la temperatura se van evaporando las moléculas más grandes.

Las fracciones más ligeras del crudo, como son los gases y la nafta, ascienden hasta la parte superior de la torre. A medida que descendemos, nos encontramos con los productos más pesados: el queroseno, gasoil ligero, gasoil pesado. En último lugar, se encuentra el residuo atmosférico de fuelóleo.

La destilación es continua: el crudo calentado entra en la torre y las fracciones separadas salen a los diferentes niveles. Esta operación, no obstante, sólo suministra productos en bruto que deberán ser mejorados (convertidos) para su comercialización, dado que los procesos de destilación no rinden productos en la cantidad ni calidad demandadas por el mercado.

En cuanto a la cantidad, las fracciones obtenidas deben estar distribuidas de forma que puedan hacer frente a las necesidades de las distintas épocas del año. En invierno, las necesidades de gasóleos y para calefacción serán superiores a las del verano, donde prima la producción de gasolinas y gasolinas auto.

### **Conversión**

Para hacer más rentable el proceso de refino y adecuar la producción a la demanda, es necesario transformar las distintas fracciones, utilizando técnicas de conversión. Los principales procedimientos de conversión son el “cracking” y el “reformado”. Son operaciones químicas, porque cambia la composición (es decir, se producen variaciones en las moléculas) de la fracción que alimenta cada proceso.

Los procedimientos de “cracking” o craqueo consisten en una ruptura molecular y se pueden realizar, en general, con dos técnicas: el craqueo térmico, que rompe las moléculas mediante calor, o el craqueo catalítico, que realiza la misma operación mediante un catalizador, que es una sustancia que causa cambios químicos sin que ella misma sufra modificaciones en el proceso. La ventaja de los catalizadores es que, en general, permiten obtener resultados similares al cracking técnico pero utilizando menos energía.

Las técnicas de conversión también se pueden aplicar a componentes más ligeros. Este es el caso del “reformado”. Gracias a este proceso, la nafta puede convertirse en presencia de platino (que actúa como catalizador), en componentes de alta calidad para las gasolinas.

### **Tratamiento**

En general, los productos obtenidos en los procesos anteriores no se pueden considerar productos finales. Antes de su comercialización deben ser sometidos a diferentes tratamientos para eliminar o transformar los compuestos no deseados que llevan consigo. Estos compuestos son, principalmente, derivados del azufre.

Con este último proceso de eliminación, las refinerías obtienen productos que cumplen con las normas y especificaciones del mercado. El proceso de craqueo catalítico, antes mencionado, permite la producción de muchos hidrocarburos diferentes que luego pueden recombinarse mediante la alquilación, la isomerización catalítica para reformar o fabricar productos químicos y combustibles de elevado octanaje para motores.

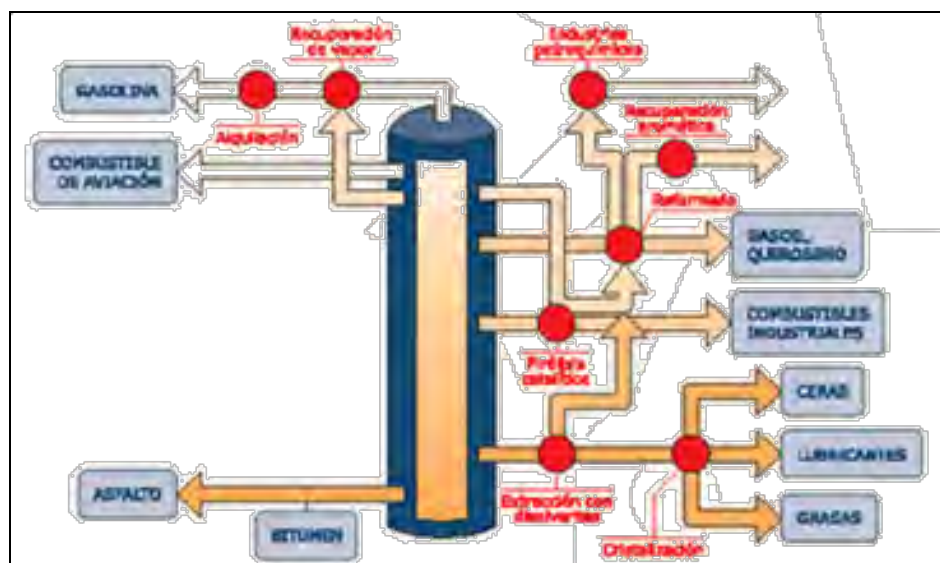
La utilización de algunos de estos productos ha dado origen a una gigantesca industria petroquímica que produce alcoholes, detergentes, caucho sintético, glicerina, fertilizantes, azufre, disolventes, materias primas para fabricar medicinas, nailon, plásticos, pinturas, poliésteres, aditivos y complementos alimenticios, explosivos, tintes y materiales aislantes, así como otros componentes para la producción de abonos. Estas plantas son instalaciones que dependen de la refinería para su abastecimiento, pero de funcionamiento separado, suelen estar situadas en las proximidades de las refinerías. Las plantas de tratamiento más usuales son:

MTBE, para mejorar la calidad de la gasolina, alquilación, para sustituir los derivados de plomo, e isomerización, para obtener productos de alto índice de octano que son utilizados para las gasolinas.

#### **PORCENTAJES DE LOS DISTINTOS PRODUCTOS REFINADOS**

En EE.UU., en 1920, un barril de crudo, que contiene 159 litros, producía 41,5 litros de gasolina, 20 litros de queroseno, 77 litros de gasoil y destilados y 20 litros de destilados más pesados.

Hoy un barril de crudo produce 79,5 litros de gasolina, 11,5 de combustible para reactores, 34 litros de gasoil y destilados, 15 litros de lubricantes y 11,5 litros de residuos más pesados.



**Figura 4.7. Proceso de refinación de productos derivados del petróleo**



## **4.7. LA IMPORTANCIA DEL PETRÓLEO EN LA ECONOMÍA MUNDIAL**

Todo el mundo necesita del petróleo. En una u otra de sus muchas formas lo usamos cada día de nuestra vida. Proporciona fuerza, calor y luz; lubrica la maquinaria y produce alquitrán para asfaltar la superficie de las carreteras; y de él se fabrica una gran variedad de productos químicos.

El petróleo es la fuente de energía más importante de la sociedad actual. Pensar en qué pasaría si se acabara repentinamente, hace llegar a la conclusión de que se trataría de una verdadera catástrofe: los aviones, los automóviles y autobuses, gran parte de los ferrocarriles, los barcos, centrales térmicas, muchas calefacciones... dejarían de funcionar. Además, los países dependientes del petróleo para sus economías entrarían en bancarrota.

El petróleo es un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo. La importancia del petróleo no ha dejado de crecer desde sus primeras aplicaciones industriales a mediados del siglo XIX, y ha sido el responsable de conflictos bélicos en algunas partes del mundo (Oriente Medio).

La alta dependencia que el mundo tiene del petróleo, la inestabilidad que caracteriza al mercado internacional y las fluctuaciones de los precios de este producto, han llevado a que se investiguen energías alternativas, aunque hasta ahora no se ha logrado una opción que realmente lo sustituya.

### **Situación actual.**

Actualmente, el agotamiento de las reservas de petróleo constituye un grave problema, pues al ritmo actual de consumo las reservas mundiales conocidas se agotarían en menos de 40,5 años. Por ello, los países desarrollados buscan nuevas formas de energía más barata y renovable como la energía solar, eólica, hidroeléctrica..., mientras que los países productores de petróleo presionan para que se siga utilizando el petróleo pues si no sus economías se hundirían.

Aún así, a medio plazo, la situación no parece tan alarmante, pues hay que tener en cuenta que los pozos no descubiertos son sustancialmente más numerosos que los conocidos, aunque no sea ésta una opinión unánime. En zonas no exploradas como el mar de China, Arafura, Mar de Bering, o la plataforma continental Argentina podrían encontrarse grandes reservas.

### **¿QUIÉN CONTROLA LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO?**

#### **La OPEP.**

La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) fue creada en 1960, con sede en Viena. Nació de unas reuniones en Bagdad entre los países árabes productores y

exportadores más Venezuela para agruparse y, de este modo, establecer una política común a la hora de fijar un precio y unas cuotas de producción para el petróleo, aunque recientemente haya perdido la fuerza que tenía en los años de la gran crisis surgida del conflicto en Oriente Medio en 1974.

En su fundación participaron Irán, Kuwait, Arabia Saudita, Qatar, Irak, Venezuela, Libia e Indonesia. Posteriormente han ingresado Argelia, Nigeria, Emiratos Árabes Unidos, Ecuador (aunque después abandonó la organización) y Gabón.

### **La OPEP controla aproximadamente dos tercios de la exportación mundial de petróleo.**

Aunque en sus comienzos no tuvo la fuerza suficiente para hacer frente a la política de las multinacionales, a partir de 1971 la OPEP decidió nacionalizar las empresas de explotación situadas en su territorio, y en 1973 inició importantes subidas en los precios.

A partir de entonces, la OPEP ocupó el primer plano de la actividad económica mundial, porque sus decisiones en materia de precios afectan directamente a las economías occidentales.

### **Otros países productores**

También hay otros países productores de petróleo a los que se les llama “independientes”, entre los que destacan el Reino Unido, Noruega, México, Rusia y Estados Unidos. Este último es el mayor consumidor de petróleo, pero al mismo tiempo es uno de los grandes productores.

### **Una economía dependiente en gran medida del petróleo**

- El petróleo y su gama casi infinita de productos derivados le convierten en uno de los factores más importantes del desarrollo económico y social en todo el mundo.
- El petróleo y las decisiones estratégicas que sobre él se toman por los países productores influyen en casi todos los componentes de coste de una gran parte de los productos que consumimos. Cuando sube el precio del petróleo se produce una subida de los costes, de forma más o menos inmediata, en casi todos los sectores productivos y, en consecuencia, se nota en los precios de los bienes de consumo.
- La extracción y producción de petróleo está en manos de unos pocos países productores y es controlada por los denominados carteles (OPEP), quienes con sus decisiones influyen en los distintos mercados en los que se fijan los precios mínimos del crudo.
- Por todo ello, es muy importante el impacto del petróleo en la economía mundial y en las de los diferentes países que dependen en gran medida de esta materia prima.

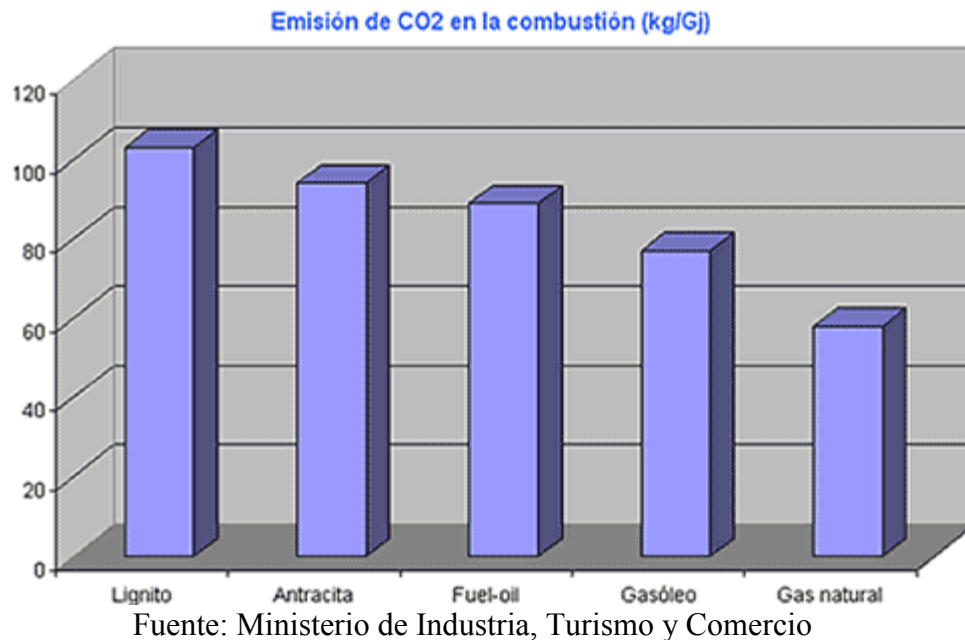
**CAPÍTULO**  
**QUINTO**

**EL GAS NATURAL**

## 5.1. DESCRIPCIÓN

El modelo energético actual está basado en los combustibles fósiles. Dentro de estos, el gas natural ocupa un lugar privilegiado. Junto con el petróleo y el carbón, proporciona la mayor parte de la energía que mueve la moderna sociedad industrial, suponiendo la quinta parte del consumo total de energía en todo el mundo.

La composición química del gas natural es la razón de su amplia aceptación como el más limpio de los combustibles fósiles. El gas natural, como cualquier otro combustible, a excepción del hidrógeno puro, produce dióxido de carbono. Sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menores de las del carbón y un 25-30% menores de las del fuel-oil por unidad de energía producida.



Gracias a sus ventajas económicas y ecológicas, el gas natural resulta cada día más atractivo para muchos países. Las características de este producto, como por ejemplo su reducido intervalo de combustión, hacen de esta fuente de energía una de las más seguras del momento. Por su rendimiento y baja emisión de contaminantes, el gas natural es especialmente apropiado para la generación de electricidad y cogeneración, uso de calderas y hornos industriales, automoción, climatización y otros usos en los sectores comercial y doméstico.

Se trata de un recurso limitado en muchas áreas geográficas como Europa occidental. Actualmente, la capacidad de importación en la Unión Europea es suficientemente amplia para cubrir la demanda.

## 5.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El gas natural está presente en yacimientos aislados y, en ocasiones, junto al petróleo. Contiene una mezcla de hidrocarburos volátiles de bajo peso molecular (hasta ocho átomos de carbono) y, en líneas generales tiene la siguiente composición: metano (80%), etano (13%), propano (3%), butano (1%), alcanos C5 a C8 (0,5%), además de nitrógeno (2,5%), dióxido de carbono, helio e hidrógeno. De esta mezcla de gases se suelen separar, por licuación, los hidrocarburos de tres o más carbonos, que son envasados a presión y empleados como combustible, como el propano o el butano.

La fracción gaseosa del metano y el etano es distribuida a través de gasoductos, lo que se conoce en la práctica como gas natural, utilizado, por ejemplo, en las calefacciones. Por razones de seguridad, se le añade mercaptan, un agente químico que le da un olor a huevo podrido, con el propósito de detectar una posible fuga de gas.

Como apuntábamos, el componente principal del gas natural es el metano el cual posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno (CH<sub>4</sub>). El gas natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía. Además, por su densidad de 0,60 kg/m<sup>3</sup>, inferior a la del aire (1,00 kg/m<sup>3</sup>), el gas natural tiene tendencia a elevarse y puede, consecuentemente, desaparecer fácilmente del sitio donde se encuentra por cualquier grieta.

El metano es un causante del efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono, aunque sus moléculas tienen un tiempo de vida en la atmósfera más corto que el del CO<sub>2</sub>. De acuerdo con estudios independientes, las pérdidas directas de gas natural durante la extracción, transporte y distribución a nivel mundial, se han estimado en 1% del total del gas transportado.

Es generalmente admitido que el carbono y el hidrógeno contenidos en el gas natural provienen de restos de plantas y de animales que se depositaron en el fondo de lagos y océanos durante millones de años. Después de haber sido cubierto por grandes capas de otros sedimentos, el material orgánico se transformó en petróleo bruto y en gas natural bajo el efecto de la presión ejercida por las capas de sedimentos y el calor emitido por el núcleo terrestre. Posteriormente el petróleo y el gas ascienden a través de la roca porosa, ya que son menos densos que el agua formando entonces los diferentes tipos de "trampas" de petróleo y gas.

El gas natural está presente en todo el mundo, ya sea en yacimientos situados en las profundidades de la superficie terrestre, o en los océanos. Las bolsas de gas pueden formarse encima de los depósitos de petróleo bruto, o estar atrapadas en el seno de las rocas porosas.

El gas es llamado "asociado" cuando se encuentra en presencia de petróleo bruto y "no asociado" cuando se encuentra solo.

Si el gas natural se enfría a una temperatura de unos  $-161^{\circ}\text{C}$  y a presión atmosférica normal, se condensa bajo la forma de un líquido llamado gas natural licuado (GNL). Un volumen de este líquido ocupa casi 600 veces menos espacio que el gas natural y es dos veces menos pesado que el agua (aproximadamente un 45%). Puesto que el gas natural licuado ocupa menos espacio, éste se licúa para facilitar su transporte y almacenaje. Se trata de un compuesto inodoro, incoloro y que no es corrosivo ni tóxico. Cuando se evapora se quema solamente en concentraciones inferiores al 15% mezclado con el aire.

El gas natural se caracteriza por la ausencia de cualquier tipo de impurezas y residuos, lo que descarta por ejemplo la emisión de partículas sólidas y hollines. Además permite, en muchos casos, el uso de los gases de combustión de forma directa (cogeneración) o el empleo en motores de combustión interna.

Bajo su forma comercializada el gas natural casi no contiene azufre (inferior a las 10 ppm) con lo cual prácticamente no genera dióxidos de azufre (principal causante de la lluvia ácida). Sus emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) son menores a las generadas por el petróleo (por ejemplo dos veces menos respecto al fuel-oil) y el carbón. Asimismo, las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) son inferiores a la de otros combustibles fósiles (según Eurogas emite entre un 40 y 50% menos que el carbón y un 25 y 30% menos que el petróleo).



**Figura 5.1. Planta de gas natural**

### **5.3. ETAPAS DE ABASTECIMIENTO**

El gas natural se caracteriza por ser una energía versátil, que se puede emplear en ámbitos muy diversos tanto en el hogar como en el comercio y la industria. La producción de calefacción y la generación de electricidad son tradicionalmente sus principales usos. En el hogar, el gas natural calienta con rapidez, no necesita almacenaje previo y es el combustible fósil disponible que menos contamina actualmente. El comercio y la industria se benefician con la calidad de la llama del gas natural, una llama regular y sin impurezas. En el futuro, la

problemática de la protección del medio ambiente podría conducir a una mayor utilización de este tipo de combustible en el sector transporte.

## 1. Exploración

El proceso de localización de depósitos de gas natural y petróleo ha variado de forma drástica a lo largo de los últimos quince años con el advenimiento de una tecnología cada vez más avanzada. En los albores de la era industrial, el único método para encontrar depósitos de gas natural y petróleo era buscar en la superficie evidencias de estas formaciones subterráneas. Este procedimiento implicaba rastrear la tierra en busca de escapes de gas o petróleo. Sin embargo, a causa de la baja proporción de este tipo de depósitos con filtraciones a la superficie, resultaba bastante ineficiente y dificultoso. Debido a la amplia demanda de combustibles fósiles se hizo necesario, la disposición de otra serie de métodos más precisos y efectivos.

La principal innovación tecnológica en cuanto a la prospección ha sido aportada por la sismología. Esta ciencia, que estudia los movimientos de ondas sísmicas, permite el análisis de las capas inferiores de la corteza terrestre sin necesidad de perforaciones.

En 1855, Luigi Palmieri desarrolló el primer sismógrafo, un instrumento usado para detectar y registrar los terremotos. Este dispositivo era capaz de recopilar y registrar las vibraciones de la tierra que se produce durante el terremoto. Sin embargo, no fue hasta 1921 cuando esta tecnología fue usada para localizar formaciones subterráneas de gas y petróleo.

Gracias al estudio de las vibraciones en la corteza, los geólogos pueden determinar el tipo de roca presente en el subsuelo y la profundidad a la que esta se encuentra. Las últimas técnicas de cálculo han aumentado el valor de los datos sísmicos permitiendo al geólogo crear mapas tridimensionales que representan las distintas capas de roca presentes en el subsuelo.

Los geólogos pueden también medir las características magnéticas de las rocas con la ayuda de magnetómetros, dispositivos de tecnología cada vez más avanzada que pueden ser integrados en helicópteros, aviones y satélites. Así, en 1981 la NASA lanzó un satélite equipado con tecnología de exploración magnetométrica capaz de obtener medidas magnéticas a escala continental. Este satélite, llamado Magsat, permite el estudio de rocas subterráneas y del manto terrestre. Asimismo, suministra pistas acerca de los movimientos tectónicos de placas y permite la localización de depósitos de petróleo, gas natural y otros minerales valiosos.

Además de emplear las variaciones del campo terrestre, los geofísicos pueden también medir y registrar las diferencias en el campo gravitacional para ayudarnos a comprender mejor la composición del interior de la tierra e incluso discernir si un determinado terreno tiene la capacidad de contener hidrocarburos como es el caso del gas natural.

## 1. Perforación

Una vez que se ha localizado el supuesto depósito de gas natural por parte del equipo de exploración compuesto generalmente por geólogos y geofísicos, llega el momento de la perforación.

El sitio adecuado de operación depende de una amplia variedad de factores, incluyendo la naturaleza del terreno así como las características de su superficie y la profundidad y el tamaño del depósito.

Las innovaciones en las técnicas de perforación han permitido obtener mayor información acerca de los pozos, excavar más hondo y reducir los costos. Una perforación subterránea a mayor profundidad permite el acceso a reservas de gas natural que no podían ser alcanzadas anteriormente. Los avances tecnológicos en este ámbito abarcan la mejora de los sistemas de medida durante la perforación, la automatización de las plataformas y la perforación horizontal.

## 2. Extracción

Posteriormente a la perforación y tras verificar la presencia de una cantidad de gas natural viable comercialmente, la siguiente etapa consiste en la evacuación del mismo y el procesado para su transporte.

El gas natural no es exactamente igual que aquel que va a través de los gaseoductos y que recibimos en nuestras casas y negocios. Este último está compuesto casi exclusivamente por metano, sin embargo, en su estado primitivo está asociado con una gran variedad de compuestos como agua y petróleo que son necesarios eliminar.

## 4. Transporte y almacenamiento

El traslado eficiente y efectivo del gas natural desde regiones productoras a consumidoras requiere de un sistema elaborado y extenso de transporte. Éste consiste en una red compleja de tuberías (gaseoductos o gasoductos) donde se realizan continuas mejoras en materia de capacidad, seguridad, eficacia y rentabilidad a fin de disminuir los costos de transporte, ya que éstos representan una importante proporción en el precio final del gas.

Se utilizan los sistemas de control y de captación de datos (SCADA) con el propósito de conservar informaciones precisas y continuas sobre los gasoductos. Se trata de sistemas informáticos asociados a una transmisión por satélite o por teléfono que permiten la obtención de información de las diferentes secciones del gasoducto, así como el control del flujo del gas. Los productores pueden de igual manera acceder a una parte de esta información. Las empresas gasistas pueden emplear dispositivos inteligentes de inspección



robotizados para examinar el interior de los gasoductos, medir el diámetro interior y limpiar los residuos.

### 3. Distribución

La etapa última en cuanto al suministro de gas natural a los usuarios finales la constituye la distribución. Mientras que existen grandes clientes que lo reciben directamente a través de tuberías de alta capacidad, la mayoría de los usuarios requieren para ello de una compañía local de distribución.

La investigación y el desarrollo en lo que concierne al reparto de gas natural pretende, por un lado, la aparición de nuevas aplicaciones como la chimenea de gas y los sistemas de enfriamiento y, por otro, el desarrollo de nuevas tecnologías cuyo propósito es la reducción de los costos y la mejora de la eficiencia. Algunas de las tecnologías que pueden ser citadas como ejemplo son las tuberías de distribución flexible, las canalizaciones de distribución de plástico, los contadores de lectura electrónica, los sistemas de cartografía informática o las nuevas tecnologías de formación de zanjas.

Los distribuidores de gas necesitan controlar el nivel de gas que circula en los gasoductos por medio de técnicas informáticas como son la regulación de válvulas vía telemetría por satélite o del sistema SCADA (control y captación de datos).



**Figura 5.2. Almacenamiento**

### 5.4. APLICACIONES

El gas natural se caracteriza por ser una energía versátil, que se puede emplear en ámbitos muy diversos tanto en el hogar como en el comercio y la industria. La producción de calefacción y la generación de electricidad son tradicionalmente sus principales usos. En el hogar, el gas natural calienta con rapidez, no necesita almacenaje previo y es el combustible fósil disponible que menos contamina actualmente. El comercio y la industria se benefician con la calidad de la llama del gas natural, una llama regular y sin impurezas. En el futuro, la problemática de la protección del medio ambiente podría conducir a una mayor utilización de este tipo de combustible en el sector transporte.

## **Uso doméstico**

Las aplicaciones en nuestros hogares constituyen los usos del gas natural más comúnmente conocidos. Puede utilizarse en los hogares para cocinar, lavar, secar, obtener agua caliente, climatizar y calentar nuestras casas.

Los electrodomésticos se mejoran día a día con el fin de emplear el gas natural de forma más económica y segura. Las cocinas y hornos están equipados con los dispositivos más modernos: encendido electrónico y válvulas de seguridad que impiden el paso del gas si se apaga la llama. Los costos de mantenimiento del material que funciona con gas son generalmente inferiores respecto a otras fuentes de energía.

## **Comercio e industria**

Los principales usuarios comerciales de gas natural son los proveedores de servicios de restauración, hoteles, equipamientos de servicios médicos y edificios de oficinas. Las aplicaciones comerciales de gas natural incluyen la climatización (aire acondicionado y refrigeración), la cocina o la calefacción.

El sector industrial es el principal consumidor del mercado de gas natural. Se prevé que éste experimente un crecimiento aproximado del 25%.

En el comercio y en la industria, el gas natural puede utilizarse en cualquier proceso de generación de calor o frío, en la cogeneración de energía térmica y eléctrica, y en la generación de electricidad.

La combustión del gas natural permite regular mejor la temperatura de las cámaras de combustión de una extensa gama de equipos y aplicarla directamente al tratamiento de multitud de productos.

Como combustible, el gas natural se utiliza en los sectores industriales que necesitan energía térmica limpia, eficaz y económica: hornos, fundiciones, tratamientos térmicos, cubas de galvanizado y calefacción de grandes locales (polideportivos y naves industriales o comerciales).

El gas natural también permite climatizar y generar frío para edificios y cámaras industriales o producir hielo para las pistas de patinaje.

Por su alto contenido en hidrógeno, el gas natural es la materia prima más utilizada en la producción de amoníaco para fertilizantes, así como en otras aplicaciones petroquímicas.

Además, puede emplearse como combustible a partir del cual pueden funcionar las pilas de combustible, un dispositivo electroquímico que permite combinar el hidrógeno y el oxígeno contenidos en el aire con el fin de producir electricidad, calor y agua.

## **Generación de electricidad**

Otra aplicación de actualidad y con un gran futuro es la cogeneración con gas natural que produce conjuntamente energía eléctrica (o mecánica) y calor útil para fábricas, centros sanitarios y hoteleros, y grandes complejos urbanísticos, reduciendo en gran medida la emisión de contaminantes.

El gas natural se utiliza cada vez más en la generación de electricidad en centrales térmicas convencionales o de ciclo combinado (CCGT), las cuales utilizan el calor residual para producir más electricidad. Este proceso permite ahorrar energía, y además disminuir los niveles de contaminación.

## **Vehículos de gas natural**

El gas natural puede ser utilizado como combustible por los vehículos a motor bien como gas natural comprimido (GNC), la forma más común, o como gas licuado.

Los vehículos que emplean gas natural emiten muchos menos contaminantes que aquellos de gasolina o gasoil. Es un combustible libre de plomo que no genera prácticamente óxidos de azufre ni partículas en suspensión. Se estima que los vehículos que utilizan este tipo de combustible emiten un 20% menos de gas con efecto invernadero que los vehículos que funcionan con gasolina o con gasoil.

De acuerdo con la Asociación Internacional de Vehículos de Gas Natural, el parque automovilístico que funciona con gas natural es de más de 4,7 millones de vehículos en todo el mundo. Las preocupaciones respecto a la calidad del aire en la mayor parte de las regiones del mundo refuerzan el interés por la utilización del gas natural en este sector.

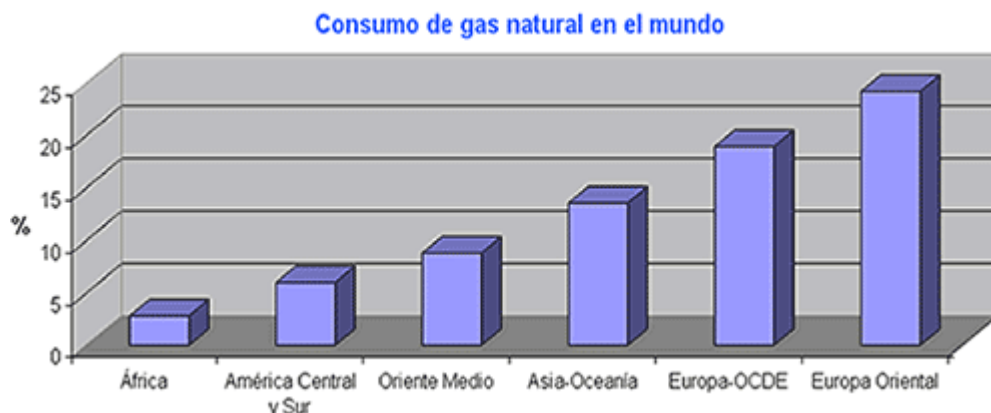


**Figura 5.3. Aplicaciones**

## **5.5. EL GAS EN EL MUNDO**

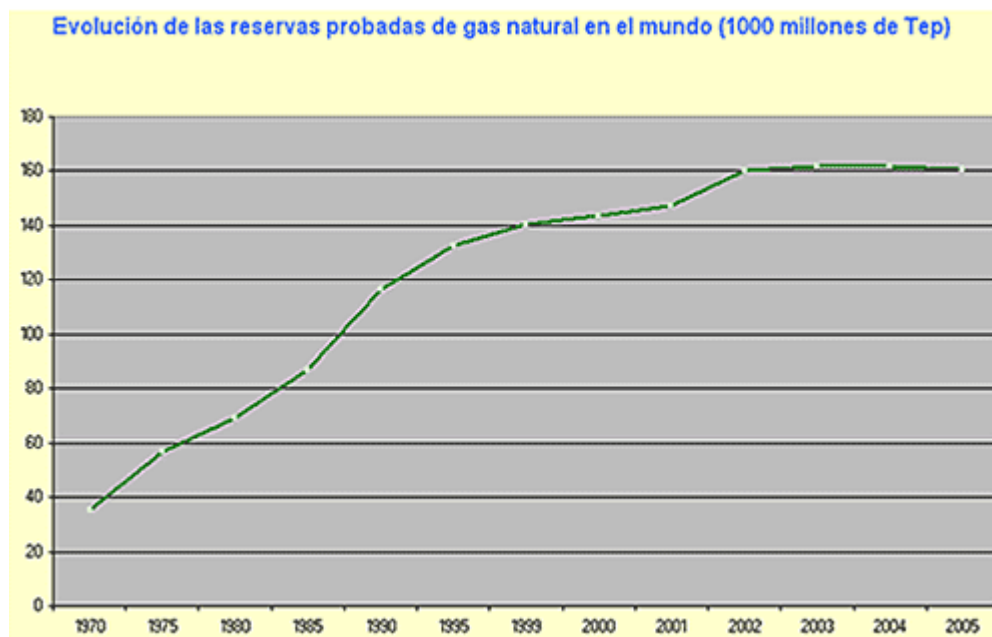
El gas natural representa casi la cuarta parte del consumo total de energía en el mundo, con valores similares al consumo de energía procedente del carbón y sólo por detrás del petróleo. El gas natural supera ampliamente otras fuentes primarias de energía tales como la energía eléctrica de origen hidráulico y la nuclear. Casi una tercera parte del consumo mundial

corresponde a EE.UU. En este país el gas natural representa un 25% de la energía consumida y su proporción está creciendo rápidamente.



Fuente: CEDIGAZ (2004)

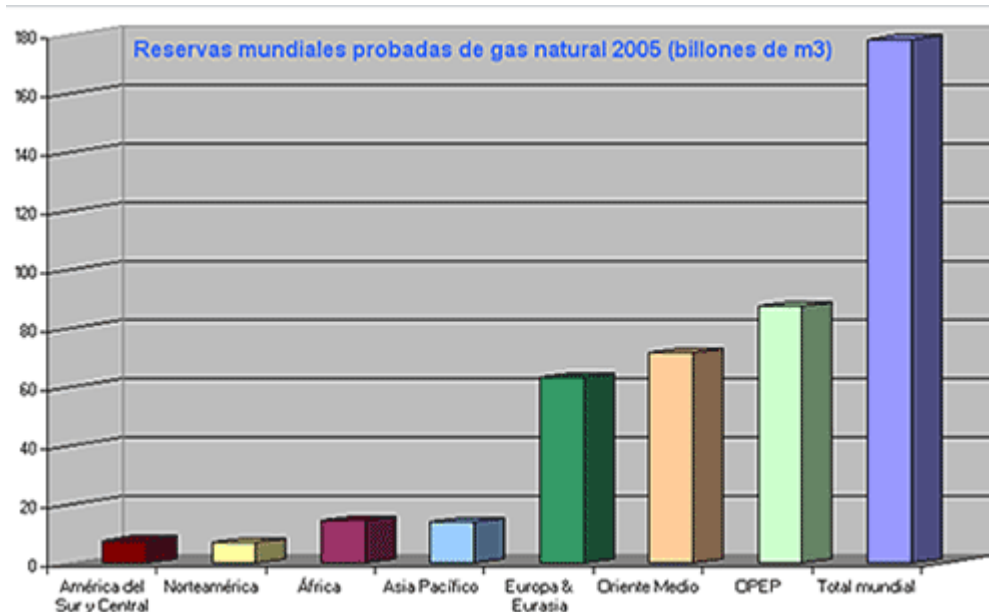
Las reservas mundiales de gas natural, aunque limitadas, son abundantes. Las estimaciones de su dimensión continúan progresando a medida que se van descubriendo nuevas técnicas de explotación, exploración y extracción.



Fuente: Asociación Española del Gas (SEDIGAS)

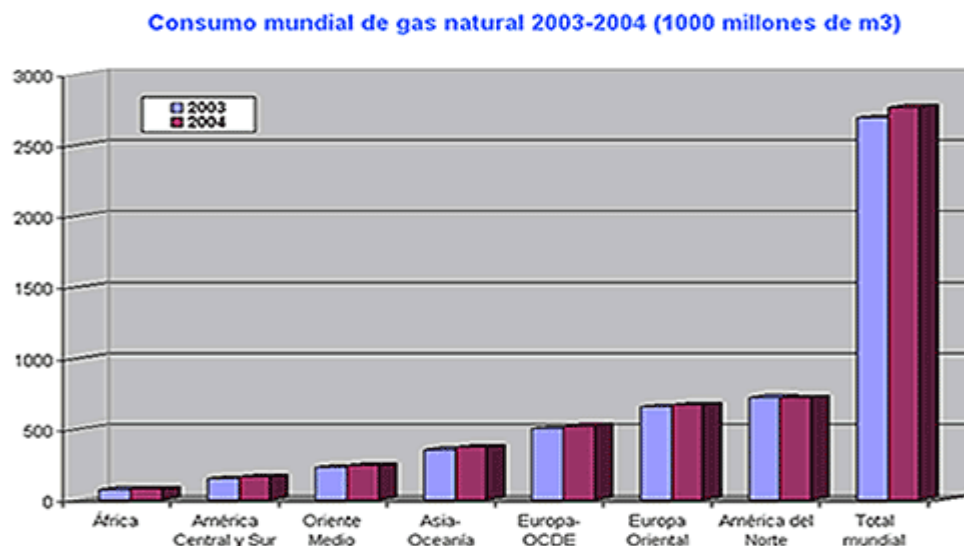
La cantidad probada de gas natural se acerca a 179 billones de m<sup>3</sup>, que permite abastecer al mundo (con un consumo como el de 2005) durante más de 63 años.

Las mayores yacimientos se encuentran en el Oriente Medio con el 40% y en la antigua Unión Soviética con el 35%, suponiendo la suma de ambos aproximadamente las tres cuartas partes de las reservas mundiales de gas natural.



Fuente: Asociación Española del Gas (SEDIGAS)

Los datos de avance de las estadísticas que elabora CEDIGAZ, registraron un aumento del consumo de gas natural a nivel global del 2,9% el pasado año 2004 respecto a 2003.



Fuente: CEDIGAZ

## Unión Europea

**La Unión Europea, como conjunto, no dispone de los recursos necesarios para cubrir sus necesidades domésticas de energía.** Por tanto, estamos obligados a importar combustibles fósiles y adoptar una serie de acuerdos con socios estratégicos, como Rusia, el principal abastecedor de gas natural, y así asegurar nuestros requerimientos energéticos.

Los apagones experimentados en el verano de 2003 demostraron claramente la necesidad de interconexiones eléctricas y una mejor coordinación entre operadores. La liberalización del mercado del gas y la electricidad debería ir acompañada de la creación de un marco comunitario de observación que asegure la competencia justa, el uso óptimo de las redes y el desarrollo adecuado de las mismas para optimizar la circulación de electricidad por toda la Unión Europea.

En abril de 2004, la UE adoptó una directiva sobre requerimientos mínimos de los Estados Miembros en cuanto al gas natural. Esta directiva introduce por primera vez la idea de gestión conjunta respecto al suministro de este combustible a nivel europeo y establece un grupo de coordinación tal y como el ya existente relativo al petróleo.

La crisis del gas ruso-ucraniana acontecida en enero de 2006 evidenció lo vulnerable que es la Unión Europea a los cortes de suministro de gas. Esta situación ha constituido un aviso para los Estados miembros de la UE y por tanto se ve necesario crear un mecanismo eficaz que asegure el suministro de energía a medio y largo plazo a todo el continente europeo.

## **5.6. PREVISIONES**

El consumo de gas natural es la fuente de energía primaria que experimentará un mayor crecimiento en todo el mundo según el informe International Energy Outlook 2005 elaborado por la Energy Information Administration (EIA) del Departamento de Energía de los Estados Unidos. Los pronósticos apuntan que el consumo se verá incrementado una media de un 2,3% anual desde 2002 a 2025, superior a la del petróleo (1,9%) y a la del carbón (2,0%). Así pues, durante este periodo el consumo de gas natural aumentará en casi un 70%.

A nivel regional, los mayores incrementos se darán en países con economías de transición del este de Europa y la ex-Unión Soviética además de por el Asia emergente, en donde el uso de gas se verá triplicado durante el periodo 2002-2025. En los mercados más estables, el incremento será únicamente de 1,6%.

De acuerdo con el World Energy Outlook 2005 de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) referente al panorama de los países de Oriente Medio y el África del Norte, ha reiterado que los precios del petróleo y del gas natural se mantendrán altos durante los próximos años y ha advertido de que serán más elevados si no se acometen las inversiones necesarias, cifradas en 17 billones de dólares hasta 2030. Además se calcula que, para esa fecha, la extracción de gas natural en dicha área se triplicará.

El informe de la AIE apunta además que, si los gobiernos mantienen las políticas actuales, las necesidades mundiales de energía serían en 2030, un 50% mayores a las de hoy en día. Más del 60% de este incremento sería en forma de petróleo y gas natural.

La demanda de gas natural crece con rapidez, impulsada sobre todo por la generación de electricidad. Se prevé que superará al carbón en 2015 como la segunda fuente de energía primaria en orden de importancia y hará lo propio con el petróleo a partir de 2020 llegando a ser la principal fuente de energía para uso doméstico gracias a políticas destinadas a liberar el petróleo para destinarlo a la exportación.

En cuanto a las reservas de gas natural, de acuerdo con el último informe World Petroleum Assessment 2000, un volumen considerable (estimado en 122 billones de metros cúbicos) permanece sin ser descubierto. Éste cubre aproximadamente el doble de las previsiones respecto al consumo mundial en el periodo comprendido entre 2002 y 2025. Periódicamente se descubren nuevos yacimientos y las técnicas de extracción permiten perforar cada vez a mayores profundidades. Este aumento de las reservas convierte al gas natural en una de las energías más utilizadas y con mayores expectativas en cuanto a su demanda.

El aumento de la oferta de gas natural y la electricidad en su inmensa mayoría estará destinado a las poblaciones urbanas de las grandes ciudades y a las industrias. Las áreas que hoy carecen de buenas fuentes de energía podrían solucionar sus déficits con volúmenes mucho menores pero dirigidos específicamente a ellas (electrificación rural, sistemas aislados, eficiencia térmica, equipos, etc.).

# **CAPÍTULO SEXTO**

## **LA ENERGÍA NUCLEAR**



## 6.1. DEFINICIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Se puede obtener por el proceso de Fisión Nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por Fusión Nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos). En las reacciones nucleares se libera una gran cantidad de energía debido a que parte de la masa de las partículas involucradas en el proceso, se transforma directamente en energía. Lo anterior se puede explicar basándose en la relación Masa-Energía producto de la genialidad del gran físico Albert Einstein.

Con relación a la liberación de energía, una reacción nuclear es un millar de veces más energética que una reacción química, por ejemplo la generada por la combustión del combustible fósil del metano.

## 6.2. ELEMENTOS DE FISICA NUCLEAR

- Un Poco de Historia

Cinco siglos antes de Cristo, los filósofos griegos se preguntaban si la materia podía ser dividida indefinidamente o si llegaría a un punto que tales partículas fueran indivisibles. Es así, como Demócrito formula la teoría de que la materia se compone de partículas indivisibles, a las que llamó átomos (del griego átomos, indivisible).

En 1803 el químico inglés John Dalton propone una nueva teoría sobre la constitución de la materia. Según Dalton toda la materia se podía dividir en dos grandes grupos: los elementos y los compuestos. Los elementos estarían constituidos por unidades fundamentales, que en honor a Demócrito, Dalton denominó átomos. Los compuestos se constituirían de moléculas, cuya estructura viene dada por la unión de átomos en proporciones definidas y constantes. La teoría de Dalton seguía considerando el hecho de que los átomos eran partículas indivisibles.

Hacia finales del siglo XIX, se descubrió que los átomos no son indivisibles, pues se componen de varios tipos de partículas elementales. La primera en ser descubierta fue el electrón en el año 1897 por el investigador Sir Joseph Thomson, quién recibió el Premio Nobel de Física en 1906. Posteriormente, Hantaro Nagaoka (1865-1950) durante sus trabajos realizados en Tokio, propone su teoría según la cual los electrones girarían en órbitas alrededor de un cuerpo central cargado positivamente, al igual que los planetas alrededor del Sol. Hoy día sabemos que la carga positiva del átomo se concentra en un denso núcleo muy pequeño, en cuyo alrededor giran los electrones.

El núcleo del átomo se descubre gracias a los trabajos realizados en la Universidad de Manchester, bajo la dirección de Ernest Rutherford entre los años 1909 a 1911. El experimento utilizado consistía en dirigir un haz de partículas de cierta energía contra una

plancha metálica delgada, de las probabilidades que tal barrera desviara la trayectoria de las partículas, se dedujo la distribución de la carga eléctrica al interior de los átomos.

- Constitución del Átomo y Modelos Atómicos

La descripción básica de la constitución atómica, reconoce la existencia de partículas con carga eléctrica negativa, llamados electrones, los cuales giran en diversas órbitas (niveles de energía) alrededor de un núcleo central con carga eléctrica positiva. El átomo en su conjunto y sin la presencia de perturbaciones externas es eléctricamente neutro.

El núcleo lo componen los protones con carga eléctrica positiva, y los neutrones que no poseen carga eléctrica.

El tamaño de los núcleos atómicos para los diversos elementos están comprendidos entre una cienmilésima y una diezmilésima del tamaño del átomo.

La cantidad de protones y de electrones presentes en cada átomo es la misma. Esta cantidad recibe el nombre de número atómico, y se designa por la letra "Z". A la cantidad total de protones más neutrones presentes en un núcleo atómico, se le llama número másico y se designa por la letra "A".

Si designamos por "X" a un elemento químico cualquiera, su número atómico y másico se representa por la siguiente simbología:



Por ejemplo, para el Hidrogeno tenemos:  ${}_1\text{H}^1$ .

Si bien, todas las características anteriores de la constitución atómica, hoy en día son bastante conocidas y aceptadas, a través de la historia han surgido diversos modelos que han intentado dar respuesta sobre la estructura del átomo. Algunos de tales modelos son los siguientes:

- El Modelo de Thomson

Thomson sugiere un modelo atómico que tomaba en cuenta la existencia del electrón, descubierto por él en 1897. Su modelo era estático, pues suponía que los electrones estaban en reposo dentro del átomo y que el conjunto era eléctricamente neutro. Con este modelo se podían explicar una gran cantidad de fenómenos atómicos conocidos hasta la fecha.

Posteriormente, el descubrimiento de nuevas partículas y los experimentos llevado a cabo por Rutherford demostró la inexactitud de tales ideas.

- El Modelo de Rutherford

Basado en los resultados de su trabajo que demostró la existencia del núcleo atómico, Rutherford sostiene que casi la totalidad de la masa del átomo se concentra en un núcleo central muy diminuto de carga eléctrica positiva. Los electrones giran alrededor del núcleo describiendo órbitas circulares. Estos poseen una masa muy ínfima y tienen carga eléctrica negativa. La carga eléctrica del núcleo y de los electrones se neutralizan entre sí, provocando que el átomo sea eléctricamente neutro.

El modelo de Rutherford tuvo que ser abandonado, pues el movimiento de los electrones suponía una pérdida continua de energía, por lo tanto, el electrón terminaría describiendo órbitas en espiral, precipitándose finalmente hacia el núcleo. Sin embargo, este modelo sirvió de base para el modelo propuesto por su discípulo Neils Bohr, marcando el inicio del estudio del núcleo atómico, por lo que a Rutherford se le conoce como el padre de la era nuclear.

- El Modelo de Bohr

El físico danés Niels Bohr (Premio Nobel de Física 1922), postula que los electrones giran a grandes velocidades alrededor del núcleo atómico. Los electrones se disponen en diversas órbitas circulares, las cuales determinan diferentes niveles de energía. El electrón puede acceder a un nivel de energía superior, para lo cual necesita "absorber" energía. Para volver a su nivel de energía original es necesario que el electrón emita la energía absorbida (por ejemplo en forma de radiación). Este modelo, si bien se ha perfeccionado con el tiempo, ha servido de base a la moderna física nuclear.

- Modelo Mecano - Cuántico

Se inicia con los estudios del físico francés Luis De Broglie, quién recibió el Premio Nobel de Física en 1929. Según De Broglie, una partícula con cierta cantidad de movimiento se comporta como una onda. En tal sentido, el electrón tiene un comportamiento dual de onda y corpúsculo, pues tiene masa y se mueve a velocidades elevadas. Al comportarse el electrón como una onda, es difícil conocer en forma simultánea su posición exacta y su velocidad, por lo tanto, sólo existe la probabilidad de encontrar un electrón en cierto momento y en una región dada en el átomo, denominando a tales regiones como niveles de energía. La idea principal del postulado se conoce con el nombre de Principio de Incertidumbre de Heisenberg.

## 6.3. RADIATIVIDAD

### a. Radiactividad Natural

En Febrero de 1896, el físico francés Henri Becquerel investigando con cuerpos fluorescentes (entre ellos el Sulfato de Uranio y el Potasio), halló una nueva propiedad de la materia a la que posteriormente Marie Curie llamó "Radiactividad". Se descubre que ciertos elementos tenían la propiedad de emitir radiaciones semejantes a los rayos X en forma espontánea. Tal radiación era penetrante y provenía del cristal de Uranio sobre el cual se investigaba.

Marie y Pierre Curie al proseguir los estudios encontraron fuentes de radiación natural bastante más poderosas que el Uranio original, entre estos el Polonio y el Radio.

La radiactividad del elemento no dependía de la naturaleza física o química de los átomos que lo componen, sino que era una propiedad radicada en el interior mismo del átomo.

Hoy en día se conocen más de 40 elementos radiactivos naturales, que corresponden a los elementos más pesados. Por arriba del número atómico 83, todos los núcleos naturales son radiactivos.

### **Desintegraciones Alfa, Beta, Gamma.**

La radiactividad es un fenómeno que se origina exclusivamente en el núcleo de los átomos radiactivos. La causa que los origina probablemente se debe a la variación en la cantidad de partículas que se encuentran en el núcleo.

Cuando el núcleo atómico es inestable a causa del gran número de protones que posee (ocurre en los elementos más pesados, es decir con  $Z = 83$  o superior), la estabilidad es alcanzada, con frecuencia, emitiendo una partícula alfa, es decir, un núcleo de Helio ( ${}^4_2\text{He}$ ) formado por dos protones y dos neutrones.

Cuando la relación de neutrones/protones en un núcleo atómico es elevada, el núcleo se estabiliza emitiendo un neutrón, o bien como ocurre con frecuencia, emitiendo una partícula beta, es decir, un electrón.

Cuando la relación de neutrones/protones es muy pequeña, debe ocurrir una disminución en el número de protones o aumentar el número de neutrones para lograr la estabilidad del núcleo. Esto ocurre con la emisión de un electrón positivo o positrón, o bien absorbiendo el núcleo un electrón orbital.

Los rayos gamma son ondas electromagnéticas de gran energía, muy parecidos a los rayos X, y en ciertas ocasiones se presentan cuando ocurre una desintegración de partículas beta, o bien una emisión de positrones. Por lo tanto, la radiación gamma no posee carga eléctrica y su naturaleza ondulatoria permite describir su energía en relación a su frecuencia de emisión.

#### b. Radiactividad Artificial

Al bombardear diversos núcleos atómicos con partículas alfa de gran energía, se pueden transformar en un núcleo diferente, por lo tanto, se transforma en un elemento que no existe en la naturaleza. Los esposos Irene Curie y Frédéric Joliot, experimentando con tales procesos descubren la radiactividad artificial, pues se percatan que al bombardear ciertos núcleos con partículas procedentes de fuentes radiactivas estos se vuelven radiactivos. Si la energía de las partículas es adecuada, entonces puede penetrar en el núcleo generando su inestabilidad y por ende, induciendo su desintegración radiactiva.

Desde el descubrimiento de los primeros elementos radiactivos artificiales, el hombre ha logrado en el tiempo obtener una gran cantidad de ellos. Es clave en este proceso la aparición de los llamados aceleradores de partículas y de los reactores nucleares. Estos últimos son fuente importante de neutrones que son utilizados para producir gran variedad de radioisótopos.

#### c. Radiaciones

##### ➤ Radiaciones Ionizantes

Son radiaciones con energía necesaria para arrancar electrones de los átomos. Cuando un átomo queda con un exceso de carga eléctrica, ya sea positiva o negativa, se dice que se ha convertido en un ión (positivo o negativo)

Son radiaciones ionizantes los rayos X, las radiaciones alfa, beta, gamma y la emisión de neutrones.

La radiación cósmica (proveniente del Sol y del espacio interestelar) también es un tipo de radiación ionizante, pues está compuesta por radiaciones electromagnéticas y por partículas con gran cantidad de energía. Es así como, los llamados rayos cósmicos blandos, se componen principalmente de rayos gamma, electrones o positrones, y la radiación cósmica primaria (que llega a las capas más altas de la atmósfera) se compone fundamentalmente de protones. Cuando la radiación cósmica interactúa con la atmósfera de la Tierra, se forman en ella átomos radiactivos (como el Tritio y el Carbono-14) y se producen partículas alfa, neutrones o protones.

Las radiaciones ionizantes pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interactúan. Por ejemplo, son capaces de romper los enlaces químicos de las moléculas o generar cambios genéticos en células reproductoras.

➤ Radiaciones No Ionizantes

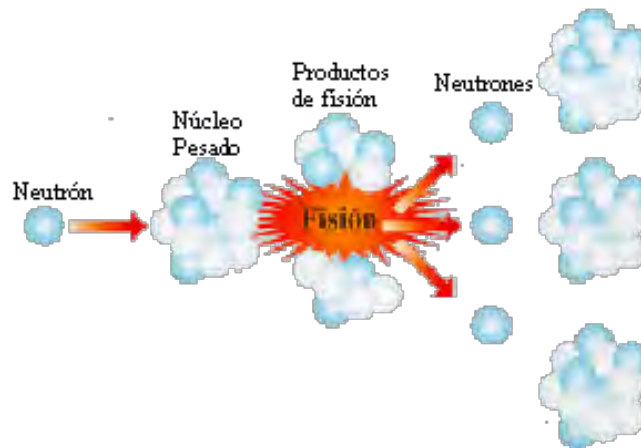
Son aquellas que no son capaces de producir iones al interactuar con los átomos de un material.

Las radiaciones no ionizantes se pueden clasificar en dos grandes grupos: los campos electromagnéticos y las radiaciones ópticas.

Dentro de los campos electromagnéticos se pueden distinguir aquellos generados por las líneas de corriente eléctrica o por campos eléctricos estáticos. Otros ejemplos son las ondas de radiofrecuencia, utilizadas por las emisoras de radio en sus transmisiones, y las microondas utilizadas en electrodomésticos y en el área de las telecomunicaciones.

Entre las radiaciones ópticas se pueden mencionar los rayos láser, los rayos infrarrojos, la luz visible y la radiación ultravioleta. Estas radiaciones pueden provocar calor y ciertos efectos fotoquímicos al actuar sobre el cuerpo humano.

## 6.4. FISIÓN NUCLEAR



**Figura 6.7. Fisión nuclear**

Es una reacción nuclear que tiene lugar por la rotura de un núcleo pesado al ser bombardeado por neutrones de cierta velocidad. A raíz de esta división el núcleo se separa en dos fragmentos acompañado de una emisión de radiación, liberación de 2 ó 3 nuevos neutrones y de una gran cantidad de energía (200 MeV) que se transforma finalmente en calor.

Los neutrones que escapan de la fisión, al bajar su energía cinética, se encuentran en condiciones de fisiónar otros núcleos pesados, produciendo una Reacción Nuclear en Cadena. Cabe señalar, que los núcleos atómicos utilizados son de Uranio - 235.

El proceso de la fisión permite el funcionamiento de los Reactores Nucleares que actualmente operan en el mundo.

## 6.5. FUSIÓN NUCLEAR

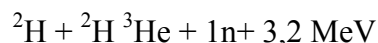
La fusión nuclear ocurre cuando dos núcleos atómicos muy livianos se unen, formando un núcleo atómico más pesado con mayor estabilidad. Estas reacciones liberan energías tan elevadas que en la actualidad se estudian formas adecuadas para mantener la estabilidad y confinamiento de las reacciones.

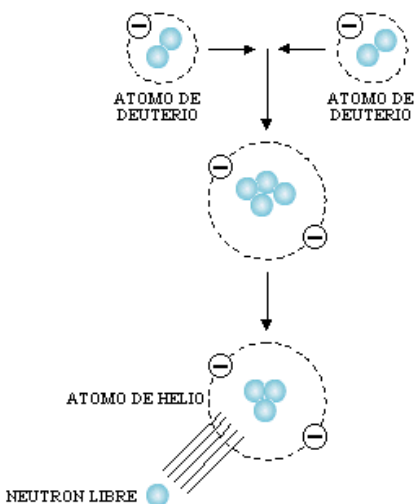
La energía necesaria para lograr la unión de los núcleos se puede obtener utilizando energía térmica o bien utilizando aceleradores de partículas. Ambos métodos buscan que la velocidad de las partículas aumente para así vencer las fuerzas de repulsión electrostáticas generadas al momento de la colisión necesaria para la fusión.

Para obtener núcleos de átomos aislados, es decir, separados de su envoltura de electrones, se utilizan gases sobrecalentados que constituyen el denominado Plasma Físico. Este proceso es propio del Sol y las estrellas, pues se tratan de gigantescas estructuras de mezclas de gases calientes atrapadas por las fuerzas de gravedad estelar.

El confinamiento de las partículas se logra utilizando un "Confinamiento Magnético", o bien un "Confinamiento Inercial". El Confinamiento Magnético aprovecha el hecho que el plasma está compuesto por partículas (núcleos) con carga eléctrica. Se sabe que si una de estas partículas interactúa con un Campo Magnético su trayectoria y velocidad cambian, quedando atrapadas por dicho Campo. El Confinamiento Inercial permite comprimir el plasma hasta obtener densidades de 200 a 1000 veces mayor que la de sólidos y líquidos. Cuando se logra la compresión deseada se eleva la temperatura del elemento, lo que facilita aún más el proceso de la fusión.

La fusión nuclear se puede representar por el siguiente esquema y relación de equilibrio:





**Figura 6.8. Fusión nuclear**

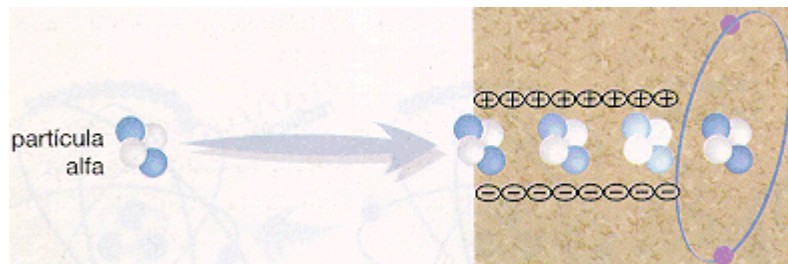
## 6.6. INTERACCION DE LA RADIACION IONIZANTE CON LA MATERIA

El efecto inmediato de las radiaciones ionizantes al interactuar con la materia es la ionización, es decir la creación de iones positivos o negativos.

Otro efecto que genera la radiación ionizante es conocido con el nombre de "excitación del átomo". La excitación ocurre cuando un electrón salta a una órbita o nivel de energía superior, para después volver a su órbita original, emitiendo energía en el transcurso del proceso.

### 1. Interacción de las Radiaciones Alfa con la Materia

La partícula alfa se compone de 2 protones y 2 neutrones. Su poder de penetración en la materia es muy bajo y sólo es capaz de recorrer algunos centímetros en el aire. Su corto recorrido describe una trayectoria prácticamente en línea recta. Cuando penetra la materia presenta un alto poder de ionización, formando verdaderas columnas de iones (cuando penetra en un centímetro de aire puede producir hasta 30.000 pares de iones).



**Figura 6.9. Interacción de las radiaciones Alfa con la materia**

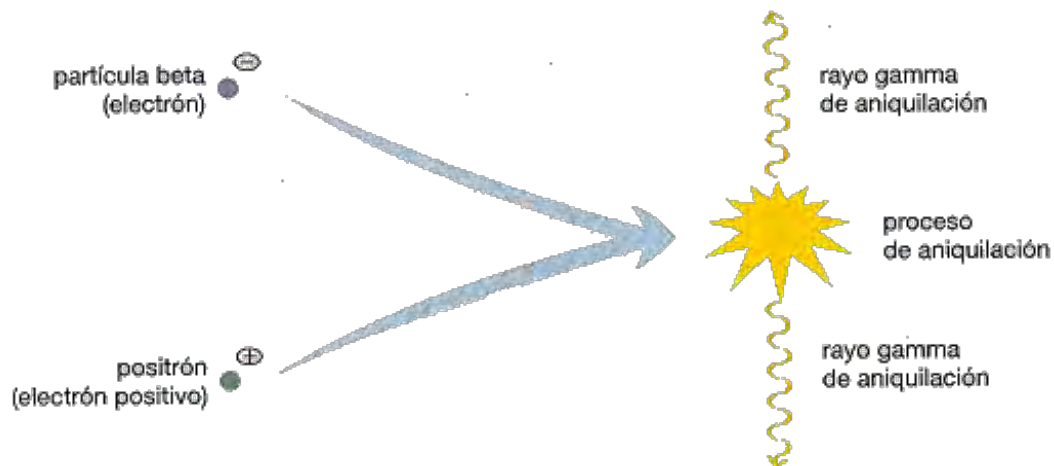


## 2. Interacción de la Radiaciones Beta con la Materia

La masa de las partículas beta (electrones negativos) es muy pequeña, por lo tanto, su movilidad es mayor respecto de las partículas alfa. Durante su recorrido cambia fácilmente de trayectoria y su alcance y poder de penetración es mayor. Además, su poder de ionización es inferior, respecto de la partícula alfa.

Si una partícula beta se acerca a un núcleo atómico, desvía su trayectoria y pierde parte de su energía (se "frena"). La energía que ha perdido se transforma en rayos X. Este proceso recibe el nombre de "Radiación de Frenado".

Otra interesante reacción ocurre cuando una partícula beta colisiona con un positrón (electrón positivo). En este proceso, ambas partículas se aniquilan y desaparecen, liberando energía en forma de rayos gamma.



**Figura 6.10. Interacción de las radiaciones Beta con la materia**

## 3. Interacción de las Radiaciones Gamma con la Materia

Las radiaciones gamma carecen de carga eléctrica, por lo tanto, no sufren desviaciones en su trayectoria como producto de la acción de campos eléctricos de núcleos atómicos o electrones. Tales características permiten que la radiación gamma sea capaz de traspasar grandes espesores de material y de ionizar indirectamente las sustancias que encuentra en su recorrido.

Un rayo gamma es capaz de sacar un electrón de su órbita atómica. El electrón arrancado producirá ionización en nuevos átomos circundantes, lo que volverá a suceder hasta que se agote toda la energía de la radiación gamma incidente.

#### 4. Interacción de los Neutrones con la Materia

Los neutrones también carecen de carga eléctrica y no sufren la acción de campos eléctricos ni magnéticos. Al igual que la radiación gamma son capaces de atravesar grandes espesores de material.

Cuando un neutrón choca con un átomo le cede parte de su energía mediante la acción de choques elásticos (la energía total del sistema se mantiene constante) e inelásticos (la energía total del sistema no se conserva). Como producto de los sucesivos choques el neutrón pierde velocidad en forma gradual, hasta alcanzar una magnitud de 2.200 metros/segundo. A estos neutrones se les denomina "Neutrones Térmicos".

Si un neutrón colisiona con un núcleo atómico y sus masas son muy parecidas, entonces el neutrón pierde una gran cantidad de energía. Mayor será la pérdida de energía mientras más se asemejen sus masas. Por lo tanto, los choques que aseguran gran pérdida de energía ocurren con los núcleos de los átomos de Hidrógeno. El proceso por el cual los neutrones reducen su velocidad en forma gradual recibe el nombre de "Termalización" o "Moderación de Neutrones".

Los neutrones térmicos se pueden desintegrar, formando un protón y un electrón, o bien pueden ser absorbidos por los núcleos de los átomos circundantes, dando lugar a reacciones nucleares, como por ejemplo la fisión nuclear

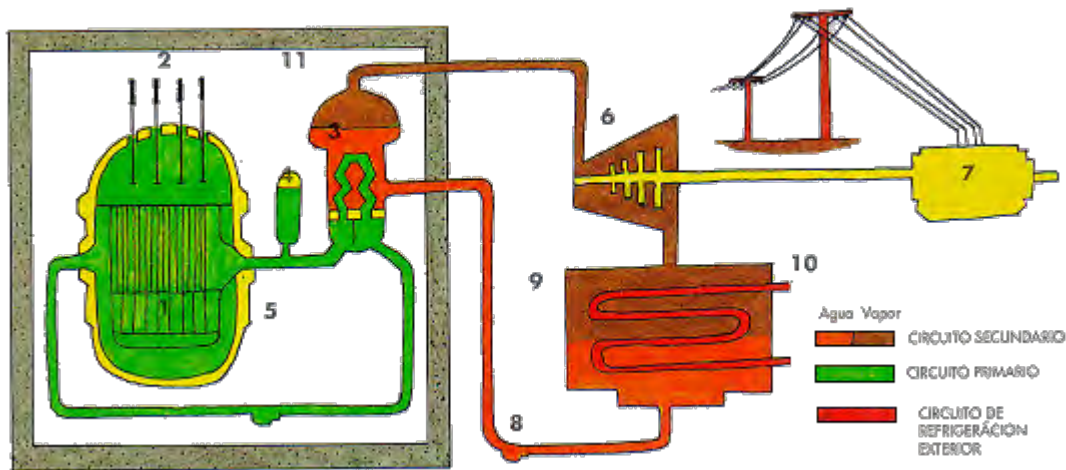
### **6.7. REACTORES NUCLEARES**

#### 1. ¿Que Es Un Reactor Nuclear?

Es una instalación física donde se produce, mantiene y controla una reacción nuclear en cadena. Por lo tanto, en un reactor nuclear se utiliza un combustible adecuado que permita asegurar la normal producción de energía generada por las sucesivas fisiones. Algunos reactores pueden disipar el calor obtenido de las fisiones, otros sin embargo utilizan el calor 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 atenta dirección del famoso investigador Enrico Fermi. De ahí el nombre de "Pila de Fermi", como posteriormente se denominó a este reactor. Su estructura y composición eran básicas si se le compara con los reactores actuales existentes en el mundo, basando su confinamiento y seguridad en sólidas paredes de ladrillos de grafito.

## 2. Elementos De Un Reactor Nuclear



**Figura 6.11. Reactor Nuclear**

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

- El Combustible:

Material fisionable utilizado en cantidades específicas y dispuestas en forma tal, que permite extraer con rapidez y facilidad la energía generada. El combustible en un reactor se encuentra en forma sólida, siendo el más utilizado el Uranio bajo su forma isotópica de U-235. Sin embargo, hay elementos igualmente fisionables, como por ejemplo el Plutonio que es un subproducto de la fisión del Uranio.

En la naturaleza existe poca cantidad de Uranio fisionable, es alrededor del 0,7%, por lo que en la mayoría de los reactores se emplea combustible "enriquecido", es decir, combustible donde se aumenta la cantidad de Uranio 235.

- Barras de Combustible:

Son el lugar físico donde se confina el Combustible Nuclear. Algunas Barras de Combustible contienen el Uranio mezclado en Aluminio bajo la forma de láminas planas separadas por una cierta distancia que permite la circulación de fluido para disipar el calor generado. Las láminas se ubican en una especie de caja que les sirve de soporte.

- Núcleo del Reactor:

Esta constituido por las Barras de Combustible. El núcleo posee una forma geométrica que le es característica, refrigerado por un fluido, generalmente agua. En algunos reactores el núcleo se ubica en el interior de una piscina con agua a unos 10 a 12 metros de profundidad, o bien al interior de una vasija de presión construida en acero.

- Barras de Control:

Todo reactor posee un sistema que permite iniciar o detener las fisiones nucleares en cadena. Este sistema lo constituyen las Barras de Control, capaces de capturar los neutrones que se encuentran en el medio circundante. La captura neutrónica evita que se produzcan nuevas fisiones de núcleos atómicos del Uranio. Generalmente las Barras de Control se fabrican de Cadmio o Boro.

- Moderador:

Los neutrones obtenidos de la fisión nuclear emergen con velocidades muy altas (neutrones rápidos). Para asegurar continuidad de la reacción en cadena, es decir, procurar que los "nuevos neutrones" sigan colisionando con los núcleos atómicos del combustible, es necesario disminuir la velocidad de estas partículas (neutrones lentos). Se disminuye la energía cinética de los neutrones rápidos mediante choques con átomos de otro material adecuado, llamado Moderador. Se utiliza como Moderador el agua natural (agua ligera), el agua pesada, el Carbono (grafito), etc...

- Refrigerante:

El calor generado por las fisiones se debe extraer del núcleo del reactor. Para lograr este proceso se utilizan fluidos en los cuales se sumerge el núcleo. El fluido no debe ser corrosivo, debe poseer gran poder de absorción calorífico y tener pocas impurezas. Se puede utilizar de refrigerante el agua ligera, el agua pesada, el anhídrido carbónico, 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 indebidamente a tales radiaciones, se utiliza un adecuado "Blindaje Biológico" que rodea al reactor. Los materiales más usados en la construcción de blindajes para un reactor son el agua, el plomo y el hormigón de alta densidad, cuyo espesor es superior a los 1,5 metros.

## 1. Tipos De Reactores Nucleares

Existen dos tipos de reactores:

- Los Reactores de Investigación.

Utilizan los neutrones generados en la fisión para producir radioisótopos o bien para realizar diversos estudios en materiales.

- Los Reactores de Potencia.

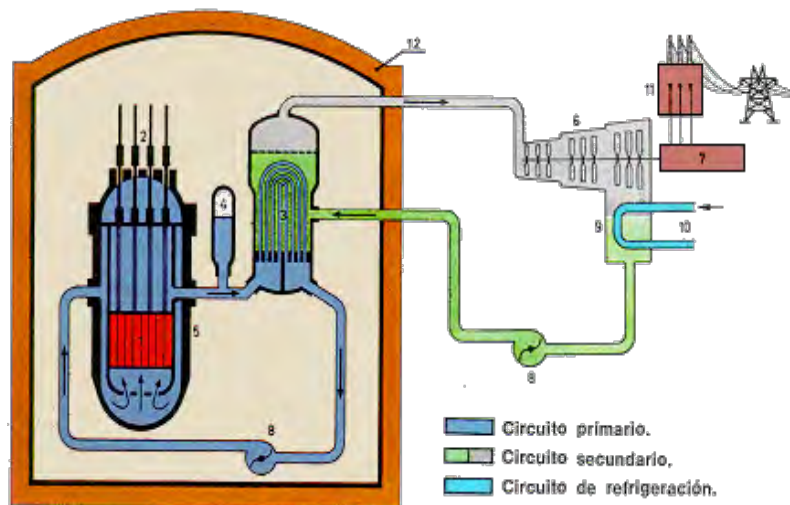
Estos reactores utilizan el calor generado en la fisión para producir energía eléctrica, desalinización de agua de mar, calefacción, o bien para sistemas de propulsión.

Hay dos tipos de reactores de potencia de mayor uso en el mundo: el Reactor de Agua en Ebullición y el Reactor de Agua a Presión:

### a. Reactor de Agua en Ebullición (BWR)

Ha sido desarrollado principalmente en Estados Unidos, Suecia y Alemania. Utiliza agua natural purificada como moderador y refrigerante. Como combustible dispone de Uranio-238 enriquecido con Uranio-235, el cual como se sabe, facilita la generación de fisiones nucleares.

1. Núcleo del reactor
2. Barras de control
3. Cambiador de calor (generador de vapor)
4. Presionador
5. Vasija.
6. Turbina.
7. Alternador.
8. Bomba.
9. Condensador.
10. Agua de **refrigeración**.
11. Transformador.
12. Recinto de contención de hormigón armado.
13. Contención primaria de acero



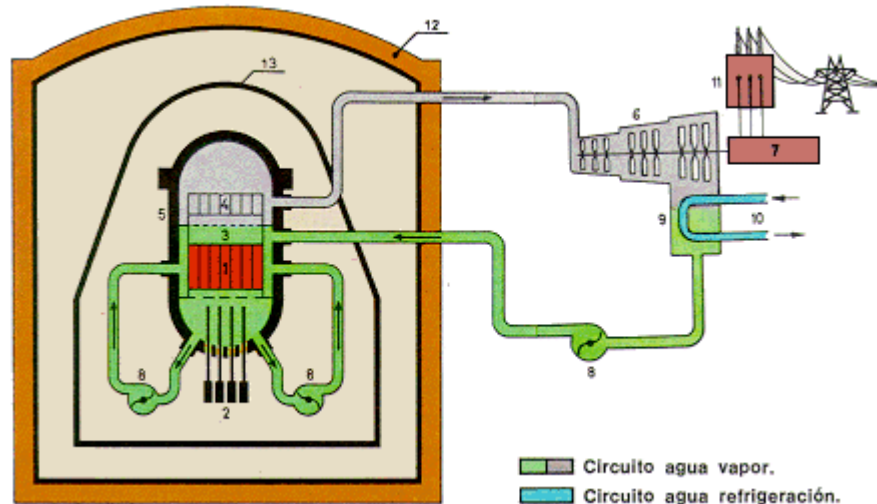
**Figura 6.12. Reactor de agua en ebullición**

El calor generado por las reacciones en cadena se utiliza para hacer hervir el agua. El vapor producido se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico. El vapor que sale de la turbina pasa por un condensador, donde es transformado nuevamente en agua líquida. Posteriormente vuelve al reactor al ser impulsada por una bomba adecuada.

## b. Reactor de Agua a Presión (PWR)

Es ampliamente utilizado en Estados Unidos, Alemania, Francia y Japón. El refrigerante es agua a gran presión. El moderador puede ser agua o bien grafito. Su combustible también es Uranio-238 enriquecido con Uranio-235. El reactor se basa en el principio de que el agua sometida a grandes presiones puede evaporarse sin llegar al punto de ebullición, es decir a temperaturas mayores de 100 °C. El vapor se produce a unos 600 °C, el cual pasa a un intercambiador de calor donde es enfriado y condensado para volver en forma líquida al reactor. En el intercambio hay traspaso de calor a un circuito secundario de agua. El agua del circuito secundario, producto del calor, produce vapor, que se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico.

1. Núcleo del reactor.
2. Barras de control
3. Cambiador de calor (generador de vapor).
4. Presionador
5. Vasija
6. Turbina.
7. Alternador.
8. Bomba
9. Condensador
10. Agua de refrigeración.
11. Transformador.
12. Recinto de contención de hormigón armado



**Figura 6.13. Reactor de agua a presión**

Existen otros criterios para clasificar diversos tipos de reactores:

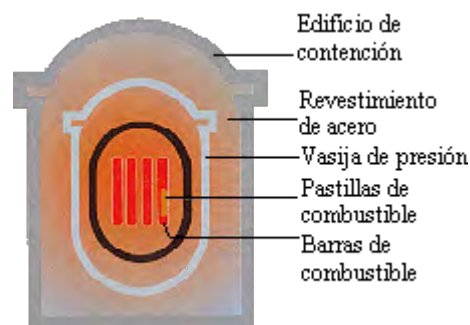
- Según la velocidad de los neutrones que emergen de las reacciones de fisión. Se habla de reactores rápidos o bien reactores térmicos.
- Según el combustible utilizado. Hay reactores de Uranio natural (la proporción de Uranio utilizado en el combustible es muy cercana a la que posee en la naturaleza), de Uranio enriquecido (se aumenta la proporción de Uranio en el combustible).
- Según el moderador utilizado. Se puede utilizar como moderador el agua ligera, el agua pesada o el grafito.
- Según el refrigerante utilizado. Se utiliza como refrigerante el agua (ligera o pesada), un gas (anhídrido carbónico, aire), vapor de agua, sales u otros líquidos. Estos materiales pueden actuar en cierto tipo de reactores como refrigerante y moderador a la vez.

## 6.8. SEGURIDAD EN LOS REACTORES NUCLEARES

- Sistemas de Control.

Básicamente está constituido por las barras de control y por diversa instrumentación de monitoreo. Las barras de control son accionadas por una serie de sistemas mecánicos, eléctricos u electrónicos, de tal manera de asegurar con rapidez la extinción de las reacciones nucleares.

La instrumentación de monitoreo se ubica en el interior o en el exterior del núcleo del reactor y su finalidad es mantener constante vigilancia de aquellos parámetros necesarios para la seguridad: presión, temperatura, nivel de radiación, etc..



**Figura 6.14. Sistemas de control**

- Sistemas de Contención.

Constituido por una serie de barreras múltiples que impiden el escape de la radiación y de los productos radiactivos. La primera barrera, en cierto tipo de reactores, es un material cerámico que recubre el Uranio utilizado como elemento combustible. La segunda barrera es la estructura que contiene al Uranio, es decir, se trata de las barras de combustible.

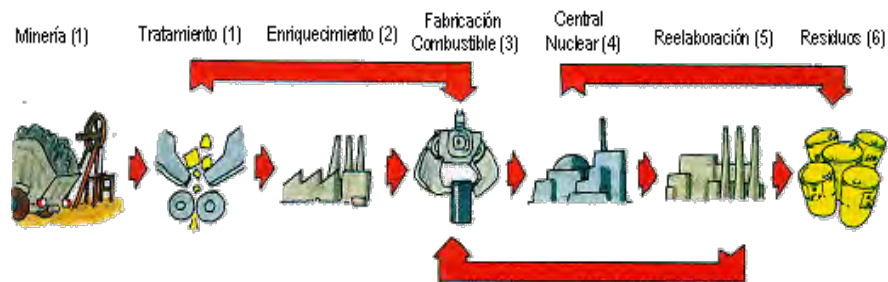
La tercera barrera es la vasija que contiene el núcleo del reactor. En los reactores de potencia se denomina vasija de presión y se construye de un acero especial con un revestimiento interior de acero inoxidable.

La cuarta barrera la constituye el edificio que alberga al reactor en su conjunto. Se conoce con el nombre de "Edificio de Contención" y se construye de hormigón armado de, a lo menos, 90 cm de espesor. Se utiliza para prevenir posibles escapes de productos radiactivos al exterior, resistir fuertes impactos internos o externos, soportar grandes variaciones de presión y mantener una ligera depresión en su interior que asegure una entrada constante de aire desde el exterior, de tal forma de evitar cualquier escape de material activado.

- Concepto de Seguridad a Ultranza.

Toda central nuclear se diseña y construye bajo el concepto de Seguridad a Ultranza, es decir, se privilegia ante todo la seguridad de toda instalación. Se busca reducir al mínimo posible toda exposición a las radiaciones, no sólo en caso de accidente, sino durante las operaciones normales de su personal.

- Ciclo Del Combustible Nuclear



**Figura 6.15. Ciclo del combustible nuclear**

El Ciclo del Combustible Nuclear son todos los procesos por los cuales se somete al Uranio desde que se extrae de la tierra hasta su utilización en el reactor y su posterior reelaboración o su almacenamiento como residuo. Consta de las siguientes etapas:

- ✓ Primera etapa de minería y concentración del Uranio.

En esta etapa se extrae el mineral y se separa el Uranio que contiene. Posteriormente se eliminan las impurezas que aún contiene el mineral de Uranio obtenido en el proceso de separación inicial. La concentración del mineral consiste en utilizar procesos físico-químicos para aumentar los contenidos de Uranio a valores superiores al 70%. En todo el proceso se utiliza Uranio natural cuya composición isotópica es de aproximadamente: 99% de Uranio-238, 0,7% de Uranio-235 y 0,006% de Uranio-234.

- ✓ Segunda etapa de Conversión y Enriquecimiento.

El Uranio concentrado se purifica por medio de sucesivos tratamientos en disoluciones y precipitaciones hasta que se convierte en un elemento llamado Hexafluoruro de Uranio. Posteriormente el Hexafluoruro de Uranio se enriquece, es decir, se aumenta la proporción de átomos de Uranio-235 con respecto al Uranio-238. Para ello se realiza una separación selectiva a nivel atómico, utilizando procesos de difusión gaseosa, ultracentrifugación, procesos aerodinámicos, intercambio químico o métodos de separación por láser.

- ✓ Tercera etapa de Fabricación de Elementos Combustibles.

El Uranio enriquecido se somete a presión y altas temperaturas para transformarlo en pequeños cuerpos cerámicos. Las pastillas cerámicas se colocan en el interior de unas varillas rellenas con un gas inerte. Las varillas se apilan en un tubo fabricado de una aleación de circonio, dando forma al llamado Elemento Combustible.



✓ Cuarta etapa de Uso del Combustible en un reactor.

Los Elementos Combustibles se introducen en el interior del reactor y forman parte del núcleo del mismo. El Uranio presente en los Elementos Combustibles genera las fisiones que activan al reactor y a medida que transcurre el tiempo se gasta, dejando como desecho los productos de fisión, por ejemplo el Plutonio.

En las centrales de potencia el combustible gastado se almacena temporalmente en la propia instalación, en una piscina especialmente adecuada para ello, lo que permite bajar la actividad de los productos de fisión de vida corta.

✓ Quinta etapa de Reelaboración.

Se sabe que en el combustible gastado se ha consumido sólo una pequeña fracción del Uranio que contiene. Se procede entonces a la reelaboración del combustible con el objeto de separar el Uranio que aún es utilizable. En el Proceso de reelaboración también se pueden aislar ciertas cantidades de Plutonio u otros productos de fisión, los cuales son de utilidad en el funcionamiento de algunos tipos de reactores. La reelaboración es compleja y demanda fuertes inversiones en plantas industriales de alta tecnología.

✓ Sexta etapa de Almacenamiento de Residuos.

El almacenamiento de los residuos puede ser temporal o definitivo. El almacenamiento temporal supone, en algunos casos, el control y posterior reelaboración del combustible gastado. Si no es posible llevar a cabo la reelaboración el combustible gastado se almacena en forma definitiva.

Los residuos radiactivos se pueden clasificar según su origen, su forma (sólidos, líquidos, gaseosos), su nivel de radiactividad, por la vida media de los isótopos radiactivos que contienen (de vida larga, de vida corta), por la intensidad de las radiaciones que emiten, por su radiotoxicidad, o bien por sus necesidades de almacenamiento.

El almacenamiento definitivo generalmente se aplica a aquellos residuos de alta actividad y vida larga, y se puede realizar enterrándolos a distancias relativamente cortas respecto de la superficie terrestre (menos de 20 metros). También, se pueden almacenar en formaciones geológicas de mediana o gran profundidad (decenas a centenares de metros).

Es importante señalar, que el volumen de residuos radiactivos producidos por una central nuclear dependerá de las características de orden técnico del reactor que los produce. Es así como, los reactores de investigación poseen un núcleo pequeño con alta emisión de neutrones, generando cantidades de residuos bastantes menores en comparación a los reactores de potencia.

## **6.9. USOS PACIFICOS DE LA ENERGIA NUCLEAR**

Gracias al uso de reactores nucleares hoy en día es posible obtener importantes cantidades de material radiactivo a bajo costo. Es así como desde finales de los años 40, se produce una expansión en el empleo pacífico de diversos tipos de Isótopos Radiactivos en diversas áreas del quehacer científico y productivo del hombre.

Estas áreas se pueden clasificar en:

### **1. Agricultura y Alimentación**

#### **a. Control de Plagas.**

Se sabe que algunos insectos pueden ser muy perjudiciales tanto para la calidad y productividad de cierto tipo de cosechas, como para la salud humana. En muchas regiones del planeta aún se les combate con la ayuda de gran variedad de productos químicos, muchos de ellos cuestionados o prohibidos por los efectos nocivos que producen en el organismo humano. Sin embargo, con la tecnología nuclear es posible aplicar la llamada "Técnica de los Insectos Estériles (TIE)", que consiste en suministrar altas emisiones de radiación ionizante a un cierto grupo de insectos machos mantenidos en laboratorio. Luego los machos estériles se dejan en libertad para facilitar su apareamiento con los insectos hembra. No se produce, por ende, la necesaria descendencia. De este modo, luego de sucesivas y rigurosas repeticiones del proceso, es posible controlar y disminuir su población en una determinada región geográfica. En Chile, se ha aplicado con éxito la técnica TIE para el control de la mosca de la fruta, lo que ha permitido la expansión de sus exportaciones agrícolas.

#### **b. Mutaciones.**

La irradiación aplicada a semillas, después de importantes y rigurosos estudios, permite cambiar la información genética de ciertas variedades de plantas y vegetales de consumo humano. El objetivo de la técnica, es la obtención de nuevas variedades de especies con características particulares que permitan el aumento de su resistencia y productividad.

#### **c. Conservación de Alimentos.**

En el mundo mueren cada año miles de personas como producto del hambre, por lo tanto, cada vez existe mayor preocupación por procurar un adecuado almacenamiento y manutención de los alimentos. Las radiaciones son utilizadas en muchos países para aumentar el período de conservación de muchos alimentos. Es importante señalar, que la técnica de irradiación no genera efectos secundarios en la salud humana, siendo capaz de reducir en forma considerable el número de organismos y microorganismos patógenos presentes en variados alimentos de consumo masivo.

La irradiación de alimentos es aplicada en Chile en una planta de irradiación multipropósito ubicada en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre, con una demanda que obliga a su funcionamiento ininterrumpido durante los 365 días del año.

## **2. Hidrología**

Gracias al uso de las técnicas nucleares es posible desarrollar diversos estudios relacionados con recursos hídricos. En estudios de aguas superficiales es posible caracterizar y medir las corrientes de aguas lluvias y de nieve; caudales de ríos, fugas en embalses, lagos y canales y la dinámica de lagos y depósitos.

En estudios de aguas subterráneas es posible medir los caudales de las napas, identificar el origen de las aguas subterráneas, su edad, velocidad, dirección, flujo, relación con aguas superficiales, conexiones entre acuíferos, porosidad y dispersión de acuíferos.

## **3. Medicina**

### **a. Vacunas**

Se han elaborado radiovacunas para combatir enfermedades parasitarias del ganado y que afectan la producción pecuaria en general. Los animales sometidos al tratamiento soportan durante un período más prolongado el peligro de reinfección siempre latente en su medio natural.

### **b. Medicina Nuclear**

Se ha extendido con gran rapidez el uso de radiaciones y de radioisótopos en medicina como agentes terapéuticos y de diagnóstico.

En el diagnóstico se utilizan radiofármacos para diversos estudios de: Tiroides, Hígado, Riñón, Metabolismo, Circulación sanguínea, Corazón, Pulmón, Trato gastrointestinales.

En terapia médica con las técnicas nucleares se puede combatir ciertos tipos de cáncer. Con frecuencia se utilizan tratamientos en base a irradiaciones con rayos gamma provenientes de fuentes de Cobalto-60, así como también, esferas internas radiactivas, agujas e hilos de Cobalto radiactivo. Combinando el tratamiento con una adecuada y prematura detección del cáncer, se obtienen terapias con exitosos resultados.

### **c. Radioinmunoanálisis**

Se trata de un método y procedimiento de gran sensibilidad utilizado para realizar mediciones de hormonas, enzimas, virus de la hepatitis, ciertas proteínas del suero, fármacos y variadas sustancias.

El procedimiento consiste en tomar muestras de sangre del paciente, donde con posterioridad se añadirá algún radioisótopo específico, el cual permite obtener mediciones de gran precisión respecto de hormonas y otras sustancias de interés.

#### d. Radiofármacos

Se administra al paciente un cierto tipo de fármaco radiactivo que permite estudiar, mediante imágenes bidimensionales (centelleografía) o tridimensionales (tomografía), el estado de diversos órganos del cuerpo humano.

De este modo se puede examinar el funcionamiento de la tiroides, el pulmón, el hígado y el riñón, así como el volumen y circulación sanguíneos. También, se utilizan radiofármacos como el Cromo - 51 para la exploración del bazo, el Selenio - 75 para el estudio del páncreas y el Cobalto - 57 para el diagnóstico de la anemia.

### **4. Medio Ambiente**

En esta área se utilizan técnicas nucleares para la detección y análisis de diversos contaminantes del medio ambiente. La técnica más conocida recibe el nombre de Análisis por Activación Neutrónica, basado en los trabajos desarrollados en 1936 por el científico húngaro J.G. Hevesy, Premio Nobel de Química en 1944. La técnica consiste en irradiar una muestra, de tal forma, de obtener a posteriori los espectros gamma que ella emite, para finalmente procesar la información con ayuda computacional. La información espectral identifica los elementos presentes en la muestra y las concentraciones de los mismos.

Una serie de estudios se han podido aplicar a diversos problemas de contaminación como las causadas por el bióxido de azufre, las descargas gaseosas a nivel del suelo, en derrames de petróleo, en desechos agrícolas, en contaminación de aguas y en el smog generado por las ciudades.

### **5. Industria e Investigación**

#### a. Trazadores

Se elaboran sustancias radiactivas que son introducidas en un determinado proceso. Luego se detecta la trayectoria de la sustancia gracias a su emisión radiactiva, lo que permite investigar diversas variables propias del proceso. Entre otras variables, se puede determinar caudales de fluidos, filtraciones, velocidades en tuberías, dinámica del transporte de materiales, cambios de fase de líquido a gas, velocidad de desgaste de materiales, etc..

#### b. Instrumentación

Son instrumentos radioisotópicos que permiten realizar mediciones sin contacto físico directo. Se utilizan indicadores de nivel, de espesor o bien de densidad.

#### c. Imágenes

Es posible obtener imágenes de piezas con su estructura interna utilizando radiografías en base a rayos gamma o bien con un flujo de neutrones. Estas imágenes reciben el nombre de Gammagrafía y Neutrografía respectivamente, y son de gran utilidad en la industria como

método no destructivo de control de calidad. Con estos métodos se puede comprobar la calidad en soldaduras estructurales, en piezas metálicas fundidas, en piezas cerámicas, para análisis de humedad en materiales de construcción, etc..

#### d. Datación

Se emplean técnicas isotópicas para determinar la edad en formaciones geológicas y arqueológicas. Una de las técnicas utiliza el Carbono-14, que consiste en determinar la cantidad de dicho isótopo contenida en un cuerpo orgánico. La radiactividad existente, debida a la presencia de Carbono-14, disminuye a la mitad cada 5730 años, por lo tanto, al medir con precisión su actividad se puede inferir la edad de la muestra.

#### e. Investigación

Utilizando haces de neutrones generados por reactores, es posible llevar a cabo diversas investigaciones en el campo de las ciencias de los materiales. Por ejemplo, se puede obtener información respecto de estructuras cristalinas, defectos en sólidos, estudios de monocristales, distribuciones y concentraciones de elementos livianos en función de la profundidad en sólidos, etc...

En el ámbito de la biología, la introducción de compuestos radiactivos marcados ha permitido observar las actividades biológicas hasta en sus más mínimos detalles, dando un gran impulso a los trabajos de carácter genético.

**CAPÍTULO**  
**SÉPTIMO**

**RECURSOS ENERGÉTICOS**

**RENOVABLES**

## **7.1. RECURSOS RENOVABLES**

Los recursos renovables son aquellos recursos cuya existencia no se agota con su utilización, debido a que vuelven a su estado original o se regeneran a una tasa mayor a la tasa con que los recursos renovables son disminuidos mediante su utilización. Esto significa que ciertos recursos renovables pueden dejar de serlo si su tasa de utilización es tan alta que evite su renovación. Dentro de esta categoría de recursos renovables encontramos al agua y a la biomasa. Algunos recursos renovables se clasifican como recursos perpetuos, debido a que por mas intensa que sea su utilización, no es posible su agotamiento. Dentro de esta categoría de recursos renovables se encuentran la energía hidroeléctrica, la radiación solar, el viento y las olas.

Lista de recursos renovables importantes:

- ❖ Energía hidráulica
- ❖ Energía solar
- ❖ Energía geotérmica
- ❖ Energía eólica
- ❖ Energía del mar
- ❖ Biomasa

## **7.2. ENERGÍA HIDRÁULICA**

La energía hidráulica se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores.

Es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua y, una vez utilizada, es devuelta río abajo. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales y el bajo mantenimiento que precisan una vez estén en funcionamiento centran la atención en esta fuente de energía.

La fuerza del agua ha sido utilizada durante mucho tiempo para moler trigo, pero fue con la Revolución Industrial, y especialmente a partir del siglo XIX, cuando comenzó a tener gran importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía eléctrica. Poco a poco la demanda de electricidad fue en aumento. El bajo caudal del verano y otoño, unido a los hielos del invierno hacían necesaria la construcción de grandes presas de

contención, por lo que las ruedas hidráulicas fueron sustituidas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer de carbón.

La primera central hidroeléctrica moderna se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de energía hidroeléctrica eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de centrales hidráulicas.

En todo el mundo, este tipo de energía representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), Zaire (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay, se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6.500 Mw y es una de las más grandes.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones en vías de desarrollo están utilizando este sistema con buenos resultados.

### **Centrales hidroeléctricas**

La energía hidroeléctrica es una de las más rentables. El costo inicial de construcción es elevado, pero sus gastos de explotación y mantenimiento son relativamente bajos. Aún así tienen unos condicionantes:

Las **condiciones pluviométricas** medias del año deben ser favorables

El **lugar de emplazamiento** está supeditado a las características y configuración del terreno por el que discurre la corriente de agua.

El funcionamiento básico consiste en aprovechar la energía cinética del agua almacenada, de modo que accione las turbinas hidráulicas.



En el aprovechamiento de la energía hidráulica influyen dos factores: el caudal y la altura del salto para aprovechar mejor el agua llevada por los ríos, se construyen presas para regular el caudal en función de la época del año. La presa sirve también para aumentar el salto.

Otra manera de incrementar la altura del salto es derivando el agua por un canal de pendiente pequeña (menor que la del cauce del río), consiguiendo un desnivel mayor entre el canal y el cauce del río.

El agua del canal o de la presa penetra en la tubería donde se efectúa el salto. Su energía potencial se convierte en energía cinética llegando a las salas de máquinas, que albergan a las turbinas hidráulicas y a los generadores eléctricos. El agua al llegar a la turbina la hace girar sobre su eje, que arrastra en su movimiento al generador eléctrico.



**Figura 6.1. Presa**

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX.

Las **turbinas** pueden ser de varios tipos, según los tipos de centrales: Pelton (saltos grandes y caudales pequeños), Francis (salto más reducido y mayor caudal), Kaplan (salto muy pequeño y caudal muy grande) y de hélice.

Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas para adecuar el flujo de agua por las turbinas con respecto a la demanda de electricidad. El agua sale por los canales de descarga.

El agua es devuelta al río en las condiciones en que se tomó, de modo que se puede volver a utilizar por otra central situada aguas abajo o para consumo.

La utilización de presas tiene varios inconvenientes. Muchas veces se inundan terrenos fértiles y en ocasiones poblaciones que es preciso evacuar. La fauna piscícola puede ser alterada si no se toman medidas que la protejan.

Se mide en metros o hectómetros cúbicos. Los embalses tienen pérdidas debidas a causas naturales como evaporación o filtraciones.

### **Conceptos**

Nivel: horizontalidad constante de la superficie de un terreno, o de la superficie libre de los líquidos.

Cota: valor de la altura a la que se encuentra una superficie respecto del nivel del mar.

Caudal: cantidad de líquido, expresada en metros cúbicos o en litros, que circula a través de cada una de las secciones de una conducción, abierta o cerrada en la unidad de tiempo.

Salto de agua: paso brusco o caída de masas de agua desde un nivel a otro inferior. Numéricamente se identifica por la diferencia de cota que se da en metros.

Embalse: resulta de almacenar todas las aguas que afluyen del territorio sobre el que está enclavado. Las dimensiones del embalse dependen de los caudales aportados por el río. Su capacidad útil es toda aquella agua embalsada por encima de la toma de la central. La capacidad total incluye el agua no utilizable.

### **Tipos de centrales hidroeléctricas**

#### **Clasificación**

Se pueden clasificar según varios argumentos, como características técnicas, peculiaridades del asentamiento y condiciones de funcionamiento.

En primer lugar hay que distinguir las que utilizan el agua según discurre normalmente por el cauce de un río, y aquellas otras a las que ésta llega, convenientemente regulada, desde un lago o pantano. Se denominan:

Centrales de Agua Fluente, Centrales de agua embalsada, Centrales de Regulación, Centrales de Bombeo.

Según la **altura del salto** de agua o desnivel existente:

## Centrales de Alta Presión, Centrales de Media Presión, Centrales de Baja Presión

### Centrales de Agua Fluente:

Llamadas también de agua corriente, o de agua fluyente. Se construyen en los lugares en que la energía hidráulica debe ser utilizada en el instante en que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas.

No cuentan prácticamente con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las estaciones del año. En la temporada de precipitaciones abundantes (de aguas altas), desarrollan su potencia máxima, y dejan pasar el agua excedente. Durante la época seca (aguas bajas), la potencia disminuye en función del caudal, llegando a ser casi nulo en algunos ríos en la época del estío.

Su construcción se realiza mediante presas sobre el cauce de los ríos, para mantener un desnivel constante en la corriente de agua.



**Figura 6.2. Central Hidroeléctrica**

### Centrales de agua embalsada:

Se alimenta del agua de grandes lagos o de pantanos artificiales (embalses), conseguidos mediante la construcción de presas. El embalse es capaz de almacenar los caudales de los ríos afluentes, llegando a elevados porcentajes de captación de agua en ocasiones. Esta agua es utilizada según la demanda, a través de conductos que la encauzan hacia las turbinas.

### **Centrales de Regulación:**

Prestan un gran servicio en situaciones de bajos caudales, ya que el almacenamiento es continuo, regulando de modo conveniente para la producción. Se adaptan bien para cubrir horas punta de consumo.

### **Centrales de Bombeo:**

Se denominan "de acumulación". Acumulan caudal mediante bombeo, con lo que su actuación consiste en acumular energía potencial. Pueden ser de dos tipos, de turbina y bomba, o de turbina reversible.

La alimentación del generador que realiza el bombeo desde aguas abajo, se puede realizar desde otra central hidráulica, térmica o nuclear.

No es una solución de alto rendimiento, pero se puede admitir como suficientemente rentable, ya que se compensan las pérdidas de agua o combustible.

### **Centrales de Alta Presión:**

Aquí se incluyen aquellas centrales en las que el salto hidráulico es superior a los 200 metros de altura. Los caudales desalojados son relativamente pequeños, 20 m<sup>3</sup>/s por máquina.

Situadas en zonas de alta montaña, y aprovechan el agua de torrentes, por medio de conducciones de gran longitud.

### **Centrales de Media Presión:**

Aquellas que poseen saltos hidráulicos de entre 20-200 metros aproximadamente. Utilizan caudales de 200m<sup>3</sup>/s por turbina.

En valles de media montaña, dependen de embalses.

### **Centrales de Baja Presión:**

Sus saltos hidráulicos son inferiores a 20 metros. Cada máquina se alimenta de un caudal que puede superar los 300m<sup>3</sup>/s.

## Ventajas

La energía hidroeléctrica en general, y su uso en particular, presenta ciertas **ventajas** sobre otras fuentes de energía, como son:

**Disponibilidad:** Es un recurso inagotable, en tanto en cuanto el ciclo del agua perdure. No contamina" (en la proporción que lo hacen el petróleo, carbón, etc.): Nos referimos a que no emite gases "invernadero" ni provoca lluvia ácida, es decir, no contamina la atmósfera, por lo que no hay que emplear costosos métodos que limpien las emisiones de gases. Produce trabajo a la temperatura ambiente: No hay que emplear sistemas de refrigeración o calderas, que consumen energía y, en muchos casos, contaminan, por lo que es más rentable en este aspecto: Almacenamiento de agua para regadíos, Permite realizar actividades de recreo (remo, bañarse, etc.), Evita inundaciones por regular el caudal.

Sin embargo, también tiene una serie de **inconvenientes**:

**Las represas: obstáculos insalvables.** Salmones y otras especies que tienen que remontar los ríos para desovar se encuentran con murallas que no pueden traspasar.

**"Contaminación" del agua.** El agua embalsada no tiene las condiciones de salinidad, gases disueltos, temperatura, nutrientes, y demás propiedades del agua que fluye por el río.

**Privación de sedimentos al curso bajo.** Los sedimentos se acumulan en el embalse empobreciéndose de nutrientes el resto de río hasta la desembocadura.

## 7.3. ENERGÍA SOLAR

Energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión . Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es  $1,37 \times 10^6$  erg/s/cm<sup>2</sup>, o unas 2 cal/min/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la

cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.



**Figura 6.3. Radiación solar**

✓ **Energía Solar Térmica**

Un sistema de aprovechamiento de la energía solar muy extendido es el térmico. El medio para conseguir este aporte de temperatura se hace por medio de colectores.

El colector es una superficie, que expuesta a la radiación solar, permite absorber su calor y transmitirlo a un fluido. Existen tres técnicas diferentes entre sí en función de la temperatura que puede alcanzar la superficie captadora. De esta manera, los podemos clasificar como:

**Baja temperatura**, captación directa, la temperatura del fluido es por debajo del punto de ebullición.

**Media temperatura**, captación de bajo índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 100°C .

**Alta temperatura**, captación de alto índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 300°C .

✓ **Energía Solar Fotovoltaica**

El sistema de aprovechamiento de la energía del Sol para producir energía eléctrica se denomina conversión fotovoltaica.

Las células solares están fabricadas de unos materiales con unas propiedades específicas, denominados semiconductores.

Para entender el funcionamiento de una célula solar, debemos de entender las propiedades de estos semiconductores.

Propiedades de los semiconductores.

Los electrones que se encuentran orbitando al rededor del núcleo atómico no pueden tener cualquier energía, solamente unos valores determinados, que son denominados, niveles energéticos, a los que se pone nombre: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p.

Las propiedades químicas de los elementos están determinadas por el número de electrones en su última capa y por electrones que faltan para completarla. En el silicio, material que se usa para la construcción de una célula solar, en su última capa, posee cuatro electrones y faltan otros cuatro para completarla.

Cuando los átomos de silicio se unen a otros, comparten los electrones de las últimas capas con la de los átomos vecinos, formando lo que se denomina enlace covalente. Estas agrupaciones dan lugar a un sólido de estructura cristalina.

De la forma, que los electrones de un átomo no pueden tener cualquier energía, los electrones de un cristal tampoco pueden tomar cualquier energía.

Teniendo en cuenta que en el átomo sus propiedades se determinan en la última capa, ahora son agrupaciones de capas, llamadas bandas de energía, y que definen las propiedades electrónicas de un cristal.

Las dos últimas capas ocupadas por electrones reciben el nombre de banda de conducción y banda de valencia. Estas están separadas por una energía denominada gap.

Para poder entender esto describiremos los tipos de materiales existentes, eléctricamente hablando:

- Conductores, disponen de unos electrones de valencia poco ligados al núcleo y que pueden moverse con facilidad dentro de la red cristalina respondiendo a un estímulo externo.
- Semiconductores, sus electrones de valencia están más ligados a sus núcleos que los conductores, pero basta suministrar una pequeña cantidad de energía para que se comporten igual que estos.
- Aislantes, los electrones de valencia están fuertemente ligados al núcleo y la energía a suministrar para poder desprenderse del átomo sería excesivamente grande.

Llegando a este punto, podemos decir que a cierta temperatura, algunos electrones tendrán energía suficiente para desligarse de los átomos, a estos electrones libres se les denomina "electrones" y se les asocia con los niveles energéticos de la banda de conducción.

A los enlaces que han dejado vacíos se les denomina "huecos"; para entender mejor este racionamiento diremos que los "huecos" se comportan de la misma forma que partículas con carga positiva.

Si pusiéramos un cristal de estas características, lo único que conseguiríamos sería calentar el cristal, ya que los electrones se moverían dentro del propio cristal, se generarían pares electrón-hueco, que constan de un electrón que se mueve y deja un hueco, a ese hueco irá otro electrón próximo, generando otro hueco y así sucesivamente.

Para generar una corriente eléctrica hace falta un campo magnético, que se consigue con la unión de dos cristales semiconductores, uno de tipo "p" y otro de tipo "n".

Estos semiconductores se obtienen con un cristal semiconductor muy puro, introduciéndoles impurezas (dopado).

Una de las regiones se dopa con fósforo, que tiene cinco electrones de valencia, uno más que el silicio, de forma que esta región dopada muestra una afinidad por los electrones mayor que el silicio puro. A esta región se le denomina de tipo n.

La otra región se dopa con boro, que tiene tres electrones de valencia, uno menos que el silicio, de forma que esta región muestra una afinidad por los electrones inferior que el silicio puro. A esta región se le denomina de tipo p.

De esta forma, teniendo un cristal semiconductor de silicio formado por una región de tipo p y otra región de tipo n, se consigue una diferencia de potencial que hace que los electrones tengan menos energía en la zona n que en la zona p. Por esta razón los electrones son enviados a la zona n y los huecos a la zona p.

Cuando inciden fotones sobre este tipo de semiconductor, unión p-n, es cuando entonces se rompen algunos enlaces, generándose de esta forma pares electrón-hueco.

Las células solares, para poder suministrar energía al exterior, van provistas de unos dedos o mallas de metalización frontal, que consisten en partes metálicas por la que circula al exterior la corriente eléctrica generada.



Si esta generación se produce a una distancia de la unión menor que lo que se denomina longitud de difusión, estos pares serán separados por el fuerte campo eléctrico que existe en la unión, moviéndose el electrón hacia la zona n y el hueco hacia la zona p. De esta forma se da una corriente de la zona n a la zona p.

Si estos electrones consiguen ser recolectados por la malla de metalización, obtendremos energía eléctrica

Si la longitud de difusión es muy corta, el par electrón-hueco, se recombinará, lo cuál dará origen a calor.

Por supuesto esto siempre que la célula esté iluminada.

De todas formas no todos los fotones incidentes generan electricidad, hay factores que hacen que existan pérdidas en esta generación.

- Energía de fotones incidentes, hay veces que los fotones incidentes no disponen de la energía necesaria para romper un enlace covalente y crear un par electrón-hueco, y otras, el fotón tiene demasiada energía, lo cual se disipa en forma de calor.
- Recombinación, es el hecho de que los electrones liberados ocupen un hueco próximo a ellos.
- Reflexión, parte de la radiación incidente en la célula es reflejada.
- Malla de metalización, estos contactos eléctricos en el exterior de la célula, disminuye la superficie de captación.
- Resistencia serie, es el efecto Joule producido por el paso de electrones a través del silicio, la malla de metalización y resistencia de los contactos de conexión eléctricas al circuito exterior.
- Resistencia paralelo, tiene origen en las imperfecciones de la unión p-n, creando fugas de corriente.

Estas células conexas entre sí, y montadas en un módulo o panel es lo que llamamos panel solar. Cuyas características eléctricas vienen determinadas por el número y forma de conexión de las células.

Conexión serie, conexas de forma que el lado p sea conectado con el lado n de otra célula, así sucesivamente, quedando cada extremo con un lado n y otro p.

Las tensiones generadas de cada célula se suman, la corriente es el valor de una célula.

Conexión paralelo, conexiónados todos los lados de tipo p, por un lado, y los de tipo n por otro.

La tensión generada es la de una célula y la corriente es la suma de todas.

Conexión mixta, es la conexión en serie y en paralelo de las células.

Donde la tensión generada es la suma de las tensiones de células en serie y la corriente es la suma de todas las células en paralelo.

$I_{total} = I \times \text{número de células en paralelo}$

$V_{total} = V \times \text{número de células en serie}$

Existen varios tipos de paneles fotovoltaicos, que se diferencian bien por su tecnología de fabricación de células o por su aplicación.

- Silicio monocristalino
- Silicio policristalino
- Silicio amorfo
- Policristalinos de lámina delgada
- Paneles para el espacio
- Sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre
- Teluro de cadmio
- Seleniuro de cobre e indio
- Arseniuro de galio o de concentración

## **7.4. ENERGÍA GEOTÉRMICA**

Nuestro planeta guarda una enorme cantidad de energía en su interior. Un volcán o un geiser es una buena muestra de ello.

Son varias las teorías que tratan de explicar las elevadas temperaturas del interior de la Tierra. Unas sostienen que se debe a las enormes presiones existentes bajo la corteza terrestre; otras suponen que tienen origen en determinados procesos radiactivos internos; por último, hay una teoría que lo atribuye a la materia incandescente que formó nuestro planeta.

Diversos estudios científicos realizados en distintos puntos de la superficie terrestre han demostrado que, por término medio, la temperatura interior de la Tierra aumenta 3°C cada 100m. de profundidad.

Este aumento de temperatura por unidad de profundidad es denominado *gradiente geotérmico*.

Se supone que variará cuando alcancen grandes profundidades, ya que en el centro de la Tierra se superarían los 20.000°C, cuando en realidad se ha calculado que es, aproximadamente, de 6.000°C.

La forma más generalizada de explotarla, a excepción de fuentes y baños termales, consiste en perforar dos pozos, uno de extracción y otro de inyección.

En el caso de que la zona esté atravesada por un acuífero se extrae el agua caliente o el vapor, este se utiliza en redes de calefacción y se vuelve a inyectar, en el otro caso se utiliza en turbinas de generación de electricidad.

En el caso de no disponer de un acuífero, se suele proceder a la fragmentación de las rocas calientes y a la inyección de algún fluido.

Es difícil el aprovechamiento de esta energía térmica, ocasionado por el bajo flujo de calor, debido a la baja conductividad de los materiales que la constituyen; pero existen puntos en el planeta que se producen anomalías geotérmicas, dando lugar a gradientes de temperatura de entre 100 y 200°C por kilómetro, siendo estos puntos aptos para el aprovechamiento de esta energía.

Tipos:

- **Hidrotérmicos**, tienen en su interior de forma natural el fluido caloportador, generalmente agua en estado líquido o en vapor, dependiendo de la presión y temperatura. Suelen encontrarse en profundidades comprendidas entre 1 y 10 km.
- **Geopresurizados**, son similares a los hidrotérmicos pero a una mayor profundidad, encontrándose el fluido caloportador a una mayor presión, unos 1000 bares y entre 100 y 200°C, con un alto grado de salinidad, generalmente acompañados de bolsas de gas y minerales disueltos.



**Figura 6.4. Sistema Geopresurizado.**

- **De roca caliente**, son formaciones rocosas impermeables y una temperatura entre 100 y 300°C, próximas a bolsas magmáticas.

## 7.5. ENERGÍA EÓLICA

La fuente de energía eólica es el viento, o mejor dicho, la energía mecánica que, en forma de energía cinética transporta el aire en movimiento. El viento es originado por el desigual calentamiento de la superficie de nuestro planeta, originando movimientos convectivos de la masa atmosférica.

La Tierra recibe una gran cantidad de energía procedente del Sol. Esta energía, en lugares favorables, puede ser del orden de 2.000 Kwh/m<sup>2</sup> anuales. El 2 por ciento de ella se transforma en energía eólica con un valor capaz de dar una potencia de 10E+11 Gigavattios. En la antigüedad no se conocían estos datos, pero lo que sí es cierto, es que intuitivamente conocían el gran potencial de esta energía.

Las formas de mayor utilización son las de producir energía eléctrica y mecánica, bien sea para autoabastecimiento de electricidad o bombeo de agua. Siendo un aerogenerador los que accionan un generador eléctrico y un aeromotor los que accionan dispositivos, para realizar un trabajo mecánico.

### Partes de un aerogenerador:

- Cimientos, generalmente constituidos por hormigón en tierra, sobre el cual se atornilla la torre del aerogenerador.
- Torre, fijada al suelo por los cimientos, proporciona la altura suficiente para evitar turbulencias y superar obstáculos cercanos; la torre y los cimientos son los encargados de transmitir las cargas al suelo.
- Chasis, es el soporte donde se encuentra el generador, sistema de frenado, sistema de orientación, equipos auxiliares (hidráulico), caja de cambio, etc. Protege a estos equipos del ambiente y sirve, a su vez, de aislante acústico.
- El buje, pieza metálica de fundición que conecta las palas al eje de transmisión.
- Las palas, cuya misión es la de absorber energía del viento; el rendimiento del aerogenerador depende de la geometría de las palas, interviniendo varios factores:
  - ✓ Longitud
  - ✓ Perfil
  - ✓ Calaje
  - ✓ Anchura

### Sistemas de un aerogenerador:

- Orientación, mantiene el rotor cara al viento, minimizando los cambios de dirección del rotor con los cambios de dirección de viento; Estos cambios de dirección provocan pérdidas de rendimiento y genera grandes esfuerzos con los cambios de velocidad.
- Regulación, controla la velocidad del rotor y el par motor en el eje del rotor, evitando fluctuaciones producidas por la velocidad del viento.
- Transmisión, utilizados para aumentar la velocidad de giro del rotor, para poder accionar un generador de corriente eléctrica, es un multiplicador, colocado entre el rotor y el generador.
- Generador, para la producción de corriente continua (DC) dinamo y para la producción de corriente alterna (AC) alternador, este puede ser síncrono o asíncrono.



**Figura 6.5. Tipos de Aerogeneradores.**

### **7.6. ENERGÍA DEL MAR**

Los mares y los océanos son inmensos colectores solares, de los cuales se puede extraer energía de orígenes diversos.

- La radiación solar incidente sobre los océanos, en determinadas condiciones atmosféricas, da lugar a los gradientes térmicos oceánicos (diferencia de temperaturas) a bajas latitudes y profundidades menores de 1000 metros.

- La interacción de los vientos y las aguas son responsables del oleaje y de las corrientes marinas.
- La influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas provoca mareas.

### Energía de las mareas:

La energía estimada que se disipa por las mareas es del orden de 22000 TWh. De esta energía se considera recuperable una cantidad que ronda los 200 TWh.

El obstáculo principal para la explotación de esta fuente es el económico. Los costes de inversión tienden a ser altos con respecto al rendimiento, debido a las bajas y variadas cargas hidráulicas disponibles. Estas bajas cargas exigen la utilización de grandes equipos para manejar las enormes cantidades de agua puestas en movimiento. Por ello, esta fuente de energía es sólo aprovechable en caso de mareas altas y en lugares en los que el cierre no suponga construcciones demasiado costosas.

La limitación para la construcción de estas centrales, no solamente se centra en el mayor coste de la energía producida, si no, en el impacto ambiental que generan.

La mayor central mareomotriz se encuentra en el estuario del Rance (Francia).



**Figura 6.6. Central Mareomotriz.**

### Energía térmica oceánica

La explotación de las diferencias de temperatura de los océanos ha sido propuesta multitud de veces, desde que d'Arsonval lo insinuara en el año 1881, pero el más conocido pionero de esta técnica fue el científico francés George Claudi, que invirtió toda su fortuna, obtenida por la invención del tubo de neón, en una central de conversión térmica.

La conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m

de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24 °C. Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20°C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

Existen dos sistemas para el aprovechamiento de esta fuente de energía:

El primero consiste en utilizar directamente el agua de mar en un circuito abierto, evaporando el agua a baja presión y así mover una turbina. El departamento de energía americano (DOE) está construyendo un prototipo de 165 kW en las islas Hawaii, con él se pretende alcanzar la experiencia necesaria para construir plantas de 2 a 15 MW.

El segundo consiste en emplear un circuito cerrado y un fluido de baja temperatura de ebullición (amoníaco, freón, propano) que se evaporan en contacto con el agua caliente de la superficie. Este vapor mueve un turbogenerador, se condensa con agua fría de las profundidades y el fluido queda dispuesto de nuevo para su evaporación.

El rendimiento de este sistema es su bajo rendimiento, sobre un 7%, esto es debido a la baja temperatura del foco caliente y la poca diferencia de temperatura entre el foco frío y caliente. Además es preciso realizar un coste extra de energía, empleado para el bombeo de agua fría de las profundidades para el condensado de los fluidos.

### Energía de las olas

Las olas del mar son un derivado terciario de la energía solar. El calentamiento de la superficie terrestre genera viento, y el viento genera las olas. Únicamente el 0.01% del flujo de la energía solar se transforma en energía de las olas. Una de las propiedades características de las olas es su capacidad de desplazarse a grandes distancias sin apenas pérdida de energía. Por ello, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental. De este modo la energía de las olas se concentra en las costas, que totalizan 336000 km de longitud. La densidad media de energía es del orden de 8 kW/m de

costa. En comparación, las densidades de la energía solar son del orden de 300 W/m<sup>2</sup>. Por tanto, la densidad de energía de las olas es, en un orden de magnitud, mayor que la que los procesos que la generan. Las distribuciones geográficas y temporales de los recursos energéticos de las olas están controladas por los sistemas de viento que las generan (tormentas, alisios, monzones).

La densidad de energía disponible varía desde las más altas del mundo, entre 50-60 kW/m en Nueva Zelanda, hasta el valor medio de 8 kW/m.

Los diseños actuales de mayor potencia se hallan a 1 Mwe de media, aunque en estado de desarrollo.

La tecnología de conversión de movimiento oscilatorio de las olas en energía eléctrica se fundamenta en que la ola incidente crea un movimiento relativo entre un absorbedor y un punto de reacción que impulsa un fluido a través del generador.

La potencia instalada en operación en el mundo apenas llega al Mwe. La mayor parte de las instalaciones lo son de tierra. Los costes fuera de la costa son considerablemente mayores. En el momento actual, la potencia instalada de los diseños más modernos varía entre 1 y 2 MW. Pero todos los diseños deben considerarse experimentales.

De los sistemas propuestos, para aprovechar la energía de las olas, se puede hacer una clasificación, los que se fijan a la plataforma continental y los flotantes, que se instalan en el mar.

Uno de los primeros fue el **convertidor noruego Kvaerner**, cuyo primer prototipo se construyó en Bergen en 1985. Consistente en un tubo hueco de hormigón, de diez metros de largo, dispuesto verticalmente en el hueco de un acantilado. Las olas penetran por la parte inferior del cilindro y desplazan hacia arriba la columna de aire, lo que impulsa una turbina instalada en el extremo superior del tubo. Esta central tiene una potencia de 500 kW y abastece a una aldea de cincuenta casas.

**El pato de Salter**, que consiste en un flotador alargado cuya sección tiene forma de pato. La parte más estrecha del flotador se enfrenta a la ola con el fin de absorber su movimiento lo mejor posible. Los flotadores giran bajo la acción de las olas alrededor de un eje cuyo movimiento de rotación acciona una bomba de aceite que se encarga de mover una turbina.

La dificultad que presenta este sistema es la generación de electricidad con los lentos movimientos que se producen.



**Balsa de Cockerell**, que consta de un conjunto de plataformas articuladas que reciben el impacto de las crestas de las olas. Las balsas ascienden y descienden impulsando un fluido hasta un motor que mueve un generador por medio de un sistema hidráulico instalado en cada articulación.

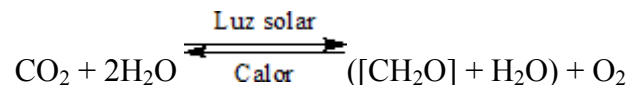
**Rectificador de Russell**, formado por módulos que se instalan en el fondo del mar, paralelos al avance de las olas. Cada módulo consta de dos cajas rectangulares, una encima de la otra. El agua pasa de la superior a la inferior a través de una turbina.

**Boya de Nasuda**, consistente en un dispositivo flotante donde el movimiento de las olas se aprovecha para aspirar e impulsar aire a través de una turbina de baja presión que mueve un generador de electricidad.

## 7.7. BIOMASA

La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material de vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o animales.

El valor energético de la biomasa de materia vegetal proviene originalmente de la energía solar a través del proceso conocido como fotosíntesis. La energía química que se almacena en las plantas y los animales (que se alimentan de plantas u otros animales), o en los desechos que producen, se llama *bioenergía*. Durante procesos de conversión tales como la combustión, la biomasa libera su energía, a menudo en la forma de calor, y el carbón se oxida nuevamente a dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta. Esencialmente, el uso de la biomasa para la energía es la inversa de la fotosíntesis.



### *Fotosíntesis*

Este proceso de captación de la energía solar y su acumulación en las plantas y árboles como energía química es un proceso bien conocido. Los carbohidratos, entre los que se encuentra la celulosa, constituyen los productos químicos primarios en el proceso de bioconversión de la energía solar y al formarse aquellos, cada átomo gramo de carbono (14gr) absorbe 112kcal de energía solar, que es precisamente la que después se recupera, en parte con la combustión de la celulosa o de los combustibles obtenidos a partir de ella (gas, alcohol, etc.)

En naturaleza, en última instancia toda la biomasa se descompone a sus moléculas elementales acompañada por la liberación de calor. Por lo tanto la liberación de energía de conversión de la biomasa en energía útil imita procesos naturales pero en una tasa más rápida. Por lo tanto, la energía obtenida de la biomasa es una forma de energía renovable. Utilizar esta energía recicla al carbón y no añade dióxido de carbono al medio ambiente, en contraste con los combustibles fósiles. De todas las fuentes renovables de energía, la biomasa se diferencia en que almacena energía solar con eficiencia. Además, es la única fuente renovable de carbón, y puede ser procesada convenientemente en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

La biomasa puede utilizarse directamente (por ejemplo combustión de madera para la calefacción y cocinar) o indirectamente convirtiéndola en un combustible líquido o gaseoso (ej: etanol a partir de cosechas del azúcar o biogás de la basura animal). La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 8MJ/kg para la madera verde, 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg para el metano; en comparación con cerca de 23 a 30MJ/kg para el carbón. La eficiencia del proceso de la conversión se determina cuánto la energía real puede ser utilizada en forma práctica.

## **Aplicaciones de la Biomasa**

### **Biocombustibles**

La producción de biocombustibles tales como el etanol y el biodiesel tiene el potencial de sustituir cantidades significativas de combustibles fósiles en varias aplicaciones de transporte. El uso extenso del etanol en Brasil ha demostrado que los biocombustibles son técnicamente factibles en gran escala. La producción de biocombustibles en los EE.UU. y Europa (etanol y biodiesel ) está aumentando, siendo la mayoría de los productos utilizados en combustible mezcla, por ejemplo E20 está compuesto por 20% de etanol y 80% de gasolina y se ha descubierto que es eficaz en la mayoría de los motores de ignición sin ninguna modificación. Actualmente la producción de biocombustibles es apoyada con incentivos del gobierno, pero en el futuro, con el crecimiento de los sembrados dedicados a la bioenergía, y las economías de la escala, las reducciones de costos pueden hacer competitivos a los biocombustibles .

### **Producción eléctrica**

La electricidad puede ser generada a partir de un número de fuentes de biomasa y al ser una forma de energía renovable se la puede clasificar como "energía verde". La producción de electricidad a partir de fuentes renovables de biomasa no contribuye al efecto invernadero ya que el dióxido de carbono liberado por la biomasa cuando es quemado, (directa o indirectamente después de que se produzca un biocombustible) es igual al dióxido de carbono absorbido por el material de la biomasa durante su crecimiento.

## **Calor y Vapor**

La combustión de la biomasa o de biogás puede utilizarse para generar calor y vapor. El calor puede ser el producto principal, en usos tales como calefacción de hogares y cocinar, o puede ser un subproducto de la producción eléctrica en centrales combinadas de calor y energía. El vapor generado por la biomasa puede utilizarse para accionar turbinas de vapor para la producción eléctrica, utilizarse como calor de proceso en una fábrica o planta de procesamiento, o utilizarse para mantener un flujo de agua caliente.

## **Gas Combustible**

Los biogases producidos de la digestión o de la pirolisis anaerobia tienen un número de aplicaciones. Pueden ser utilizados en motores de combustión interna para accionar turbinas para la producción eléctrica, puede utilizarse para producir calor para necesidades comerciales y domésticas, y en vehículos especialmente modificados como un combustible.

## **Ventajas de la biomasa**

- La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye al calentamiento global. De hecho, produce una reducción los niveles atmosféricos del bióxido de carbono, como actúa como recipiente y el carbón del suelo puede aumentar.
- Los combustibles de biomasa tienen un contenido insignificante de azufre y por lo tanto no contribuyen a las emisiones de dióxido de azufre que causan la lluvia ácida. La combustión de la biomasa produce generalmente menos ceniza que la combustión del carbón, y la ceniza producida se puede utilizar como complemento del suelo en granjas para reciclar compuestos tales como fósforo y potasio.
- La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura, y la basura sólida municipal para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura, particularmente en áreas municipales.
- La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o a por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados. En países en vías de desarrollo en particular, el uso de biocombustibles líquidos, tales como biodiesel y etanol, reduce las presiones económicas causadas por la importación de productos de petróleo.
- Los cultivos para energía perennes (las hierbas y los árboles) tienen consecuencias para el medio ambiente más bajas que los cultivos agrícolas convencionales.

## **Restricciones en el uso de la biomasa**

- En naturaleza, la biomasa tiene relativamente baja densidad de energía y su transporte aumenta los costes y reduce la producción energética neta. La biomasa tiene una densidad a granel baja (grandes volúmenes son necesarios en comparación con los combustibles fósiles), lo que hace el transporte y su administración difíciles y

costosos. La clave para superar este inconveniente está en localizar el proceso de conversión de energía cerca de una fuente concentrada de biomasa, tal como una serrería, un molino de azúcar o un molino de pulpa.

- La combustión incompleta de la leña produce partículas de materia orgánica, el monóxido de carbono y otros gases orgánicos. Si se utiliza la combustión de alta temperatura, se producen los óxidos del nitrógeno. En una escala doméstica más pequeña, el impacto en la salud de la contaminación atmosférica dentro de edificios es un problema significativo en los países en vías de desarrollo, en donde la leña se quema ineficazmente en fuegos abiertos para cocinar y la calefacción de ambientes.
- Existe la posibilidad que el uso extensivo de bosques naturales cause la tala de árboles y escasez localizada de leña, con ramificaciones ecológicas y sociales serias. Esto está ocurriendo actualmente en Nepal, partes de la India, Sudamérica y en África sub Sahara. La conversión de bosques en tierras agrícolas y áreas urbanas es una importante causa de la tala de árboles. Además, en muchos países asiáticos gran parte del combustible de la madera usado con propósitos de energía provienen de áreas indígenas boscosas.
- Hay un conflicto potencial por el uso de los recursos de la tierra y del agua para la producción de energía de biomasa y otras aplicaciones, tales como producción de alimentos y de fibras. Sin embargo, el uso de técnicas modernas de producción agrícola representa que hay suficiente tierra disponible para todas las aplicaciones, incluso en regiones densamente pobladas como Europa.
- Algunos usos de la biomasa no son completamente competitivos en esta etapa. En la producción de electricidad por ejemplo, hay fuerte competencia de las nuevas plantas de gas natural, altamente eficientes. Sin embargo, la economía de la producción energética de biomasa está mejorando, y la preocupación cada vez mayor por las emisiones de gas de invernadero está haciendo a la energía de biomasa más atractiva.
- La producción y el proceso de la biomasa pueden implicar un consumo de energía significativa, tales como combustible para los vehículos y los fertilizantes agrícolas, dando por resultado un balance energético reducido para el uso de la biomasa. En el proceso de la biomasa se necesitan reducir al mínimo el consumo de combustibles fósiles, y maximizan la conversión de basura y recuperación de energía.
- A menudo existen restricciones políticas e institucionales al uso de biomasa, tales como políticas energéticas, impuestos y subsidios que animan el uso de combustibles fósiles. Los costos de la energía no reflejan a menudo las ventajas ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.

## CONCLUSIONES

El hombre, a lo largo de su historia evolutiva ha realizado mediante su propio esfuerzo físico actividades que consumían energía, apoyándose adicionalmente en los animales domésticos como los caballos, bueyes, etc. hasta la llegada de la revolución industrial, la utilización de sistemas mecánicos para proporcionar energía se limitaban a los molinos de viento o de agua. Cualquier aplicación de estas tecnologías para la realización de trabajos resultaba de poco rendimiento.

Hoy en día se sabe los perjuicios que ocasiona al medio ambiente el empleo de fuentes de energía con muy alto rendimiento, pero que son no renovables. Efectos nocivos como el cambio climático, la lluvia ácida, son provocados en su origen por el uso masivo y abusivo de estas fuentes de energía.

Los países más desarrollados, parece que se están concienciando en alguna medida, en intentar buscar fuentes de energía alternativas a las anteriores para evitar en parte los perjuicios y desgastes que ocasionan dichas fuentes no renovables.

Las fuentes de energía renovables (FER) tienen un potencial muy superior a las reservas petroleras.

Todas las FER son materia de investigación y desarrollo en México.

Existe un gran vacío de información científica y tecnológica que puede ser cubierto por la investigación mexicana.

Se debe considerar en la reforma energética un apoyo sustancial a la investigación y desarrollo en FER.

La energía solar y la eólica son las tecnologías de mayor desarrollo en el mundo y en México existe un amplio potencial de aplicación.

Es vital no ser tecnodependientes de las potencias extranjeras.

Hay que desarrollar nuestra propia tecnología.

Existen recursos humanos capacitados en la investigación y desarrollo en México. Se requiere también potenciar estos recursos con capacitación de alto nivel.

Pienso que hay que centrarse, sobre todo, en las energías renovables ilimitadas, para no tener que preocuparse de la extinción de los recursos. Hay que hacer hincapié en que hay energías renovables que por una mala gestión pueden agotarse, por lo que hay que atenerse de utilizarlas de manera innecesaria. Habría que buscar más recursos en la naturaleza para alargar la extinción de los utilizados habitualmente.

Hay que tener en cuenta que, por ejemplo, la utilización del carbón afecta al clima en la tierra aumentando su temperatura, por lo que habría que utilizar energías limpias que no contaminen. Hay que buscar algo alternativo al carbón y al petróleo, ya que dependemos de ellos globalmente y esta desapareciendo de forma sorprendente. Pero aun así no encontramos alternativas y seguimos agotándolos de una forma desmesurada. Las energías no renovables son a las que más provecho le tendríamos que dar ya que llegara el momento en el que no existan.

Debemos de crear conciencia en el mundo de que el uso de energías no renovables a parte de que algún día se van a acabar son muy contaminante para el medio ambiente y para nosotros mismos, por ejemplo el uso de la gasolina para mover un motor de combustión interna ósea una automóvil produce gran emisión de dióxido de carbono y otros contaminantes que producen el llamado efecto invernadero y todos esos gases se quedan en el aire que respiramos hasta que el sol salga y se lleva esos contaminantes. Por ejemplo algunas marcas de autos ya han desarrollado los vehículos llamados híbridos que trabajan en parte con celdas eléctricas y así se evita contaminar y que ya están a la venta lo malo es que son muy costosos y no todos tenemos acceso a uno de ellos.

Los combustibles fósiles e hidrocarburos son la principal fuente de energía que existe en la actualidad de los que podemos mencionar al carbón, petróleo y gas natural; más del 96% de la energía mundial es utilizada por dichos combustibles pero imagínate que de un momento a otro las reservas se acabaran. Habría un caos a nivel mundial y solo los países con desarrollo económico podrían generar su propia energía llámese eléctrica o mecánica para subsistir y los países poco desarrollados vivirían otra vez en la prehistoria porque no podrían generar su propia energía. En el caso de México ya se puso en marcha la primera núcleo eléctrica con 2 reactores que generan aproximadamente 50 megawatts cada uno, existe un parque eólico en lo que se le llama la ventosa en Oaxaca y se esta utilizando la energía solar en casa habitación para generar su propia electricidad aunque los modelos de casa son en realidad muy costosos y la verdad solo las personas que tengan buen poder adquisitivo gozaran de esos privilegios y la mayor parte de los mexicanos vamos a carecer de los servicios básicos como es la electricidad.

La energía alternativa a los combustibles fósiles que están utilizando los países desarrollados es la nuclear pero en el caso de México la principal fuente de energía que podríamos utilizar es la del sol, solo falta que nuestros gobernantes se pongan a trabajar en otra reforma energética porque la que aprobaron esta bien pero hay que actualizarla cada año para así evitar que otros países desarrollen nuevas aplicaciones de las fuentes de energía renovables.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Manuel Polo Encinas. “Energéticos y Desarrollo Tecnológico”. Editorial Limusa.
- (2) Antonio Alonso Concheiro/Luis Rodríguez Viqueira. “Alternativas Energéticas”. Fondo de Cultura Económica.
- (3) Valeriano Ruiz. “El Reto Energético/Opciones de Futuro para la Energía”. Editorial Almozara 2006.
- (4) Carlos M. Marschoff. “Las Fuentes de Energía en el Siglo XXI”. Fondo de Cultura Económica. 1992.
- (5) Gordon Aubrecht. “Energy”. Editorial Merrill. 1989.
- (6) Castillo Heberto. “Los Energéticos, el Petróleo y Nuestro Futuro”. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- (7) José Costasansaloni/Amparo Montesinos Guillot. “Petróleo y Gas Natural”. Universidad Politécnica de Valencia. Instituto de Tecnología. 1993.
- (8) Carlos Vélez Ocon. “Cincuenta años de la Energía Nuclear en México”. UNAM. Programa Universitario de Energía. 1997.
- (9) Bernard L Cohen. “La Energía Nuclear: Una Opción para el Futuro”. México: Siglo XXI. 1993.
- (10) José A. Manrique. “Energía Solar: Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas”. México: Harla. 1984.
- (11) Menéndez, J. Ángel. “El carbón en la vida cotidiana”. 2006.
- (12) <http://www.monografias.com/trabajos/enuclear/enuclear.shtml>
- (13) <http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa>
- (14) <http://www.wikiciencia.org/tecnologia/energia/fuentes/index.php>