



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO EN ENERGÍA

MÓDULO I: ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Del 17 de de junio al 19 de julio de 2002

APUNTES GENERALES

CI-141

**Instructor: Ing. Martiniano Aguilar Rodríguez
Secretaría de Energía
Junio / Julio de 2002**

DIPLOMADO EN ENERGÍAS
(SECTOR DE ENERGÍA)

MODULO I.-ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE	30 hrs
MODULO II.-LOS HIDROCARBUROS Y EL PETRÓLEO	30 hrs
MODULO II.-REFINACIÓN, GAS Y PETROQUÍMICA	30 hrs
MODULO IV -MERCADOS FUTUROS DE ENERGÍA	30 hrs
MODULO V.- COGENERACIÓN	30 hrs
MODULO VI.-PERSPECTIVAS DEL SECTOR DE ENERGÍA	30 hrs

Total 160 hrs

Junio del 2002

DIPLOMADO EN ENERGÍAS
(SECTOR DE ENERGÍA)

MODULO I
ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

1. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE.
2. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA.
3. LEGISLACIÓN AMBIENTAL.

Ing. Martiniano Aguilar R.

MODULO I -ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (30 horas)

1. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

- Las dimensiones de la energía
- Impactos ambientales y sociales.
- Factores de contaminación
- Controles ambientales y sociales
- Costos del control ambiental
- Efectos locales y efectos globales

2. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA

- Porque se usa la energía
- Unidades de energía
- Consumos de energía
- Principio de conservación de energía.
- Transformaciones de energía
- Fuentes de energía renovable y energía no-renovable

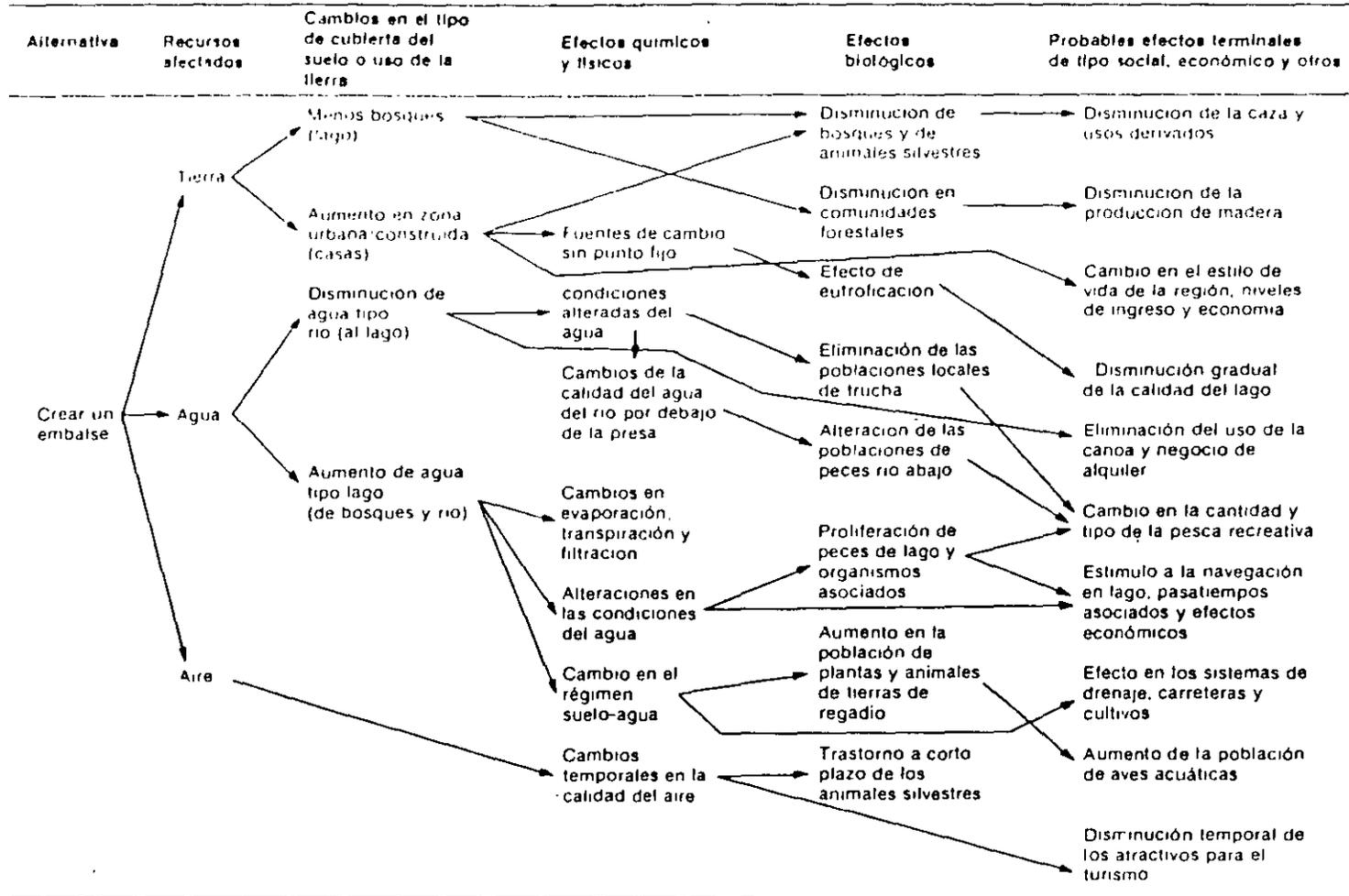
3. LEGISLACIÓN AMBIENTAL

- Antecedentes y marco legal
- La LGEEPA
- Al impacto ambiental y la responsabilidad por daños
- La reglamentación para la protección ambiental
- El derecho ambiental internacional

COMPARACIÓN DE EFECTOS ADVERSOS DE VARIOS PARÁMETROS AMBIENTALES DE DIFERENTES PLANTAS DE POTENCIA ELÉCTRICAS.

Num	TIPOS DE PLANTAS EFFECTOS ADVERSOS	HIDROELÉC.	NUCLEAR	VAPOR COMB. FÓSIL	GEOTERMIA
		1	Uso del suelo	Mayor efecto	Gran Efecto
2	Regulación mayor de ríos	Sí	No	No	No
3	Contaminación térmica	No	Sí	Sí	Sí
4	Contaminación del aire	No	Sí	Sí	Sí
5	Desechos radioactivos	No	Sí	No	No
6	Consumo de recurso no-renovable	No	Sí	Sí	Sí
7	Sensibilidad de sismos	Moderada	Mayor	Mínimo	Moderada
8	Ecología	Sí	Sí	Sí	Sí

Figura Una cadena de interacciones.



Fuente: Soil Conservation Service, 1977 40135.

Cuadro Posibles beneficios derivados de la construcción de represas

1. Desarrollo económico nacional a través de una mayor generación hidroeléctrica.
 2. Desarrollo regional a través de planes e inversiones referidas al proyecto.
 3. Incremento de la producción agrícola por los programas de riego derivados.
 4. Control de inundaciones río abajo; control del caudal ribereño y de sus sedimentos.
 5. Abastecimiento de agua a las poblaciones cercanas.
 6. Incremento del turismo por el desarrollo de la infraestructura adecuada en los alrededores del embalse (pesca y navegación deportiva, hotelería, deportes varios, etcétera). Desarrollo de parques nacionales y reservas.
 7. Incremento del ingreso local por la pesca comercial. Mejor nutrición local.
 8. Incremento de la productividad agrícola por el cultivo en las margenes fluctuantes.
 9. Incremento del transporte comercial por navegación.
 10. Control de ciertas enfermedades de importancia epidemiológica.
-

Cuadro Posibles perjuicios derivados de la construcción de represas

1. Alteración general de la ecología local; cambio de los hábitats y en consecuencia de la composición y abundancia relativa de las especies.
2. Incremento de la erosión por la construcción de las obras y los caminos; así como por malas prácticas agrícolas en las tierras aledañas y por el sobrepastoreo.
3. Posible incremento del potencial sísmico de la zona por el peso del agua del embalse.
4. Pérdida de agua del embalse por fallas geológicas o infiltraciones porosas de las rocas subyacentes.
5. Pérdida de agua por evaporación y por evotranspiración de malezas acuáticas.
6. Eutroficación de las aguas del embalse por los procesos de putrefacción, contaminación y colmatación.
7. Problemas de malezas acuáticas: interferencia con la navegación, con el funcionamiento de las turbinas, con la pesca; pérdida de agua del embalse por evotranspiración; interferencia con la disolución del oxígeno y con la penetración luminosa; establecimiento de hábitats ideales para la creación de larvas de mosquitos, caracoles y otros transmisores de enfermedades, etcétera.
8. Drástica alteración de casi todos los órdenes de la vida social debido al desplazamiento de una considerable cantidad de población humana.
9. Pérdida de suelos, bosques e infraestructuras presentes en el área inundada.

Cuadro Superficie inundada y personas desplazadas en algunas represas

Nombre	Superficie (Km ²)	Volumen almacenado (Km ³)	Número de personas desplazadas
Alta Presa de Assuán (Egipto)	5 000	132	120 000
Presa Akosombo (Volta)	8 730	165	88 000
Presa Kamji (Nigeria)	1 280	11.5	50 000
Presa La Angostura (México)	644	18.2	más de 22 000
Presa Miguel Alemán (México)	510	8.0	22 000

.-EFECTOS AMBIENTALES

La energía, la economía y el ambiente están interrelacionados; las consecuencias sobre el ambiente por el consumo de energía se ha vuelto una materia de preocupación general solo en los últimas dos décadas.

La demanda de energía limpia no contaminante ha causado un cambio importante en la utilización de combustibles. La generación eléctrica y de vapor bajo la presión de reducir la contaminación del dióxido de azufre, ha cambiado de combustóleo a gas causando un aumento en el consumo e importación de gas.

El uso de la energía eventualmente resulta en desecho de calor y materia. La afectación ambiental esta relacionada en la contaminación del aire, la contaminación del agua, desechos de calor y cambios climáticos entre otros.

Actualmente la mayoría de las discusiones ambientales giran alrededor de contaminantes específicos que afectan la biosfera, como

- SO_2
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Desechos radioactivos
- Desechos de calor que causan elevación de temperatura en los cuerpos de agua.

También son de importancia los procesos climáticos fundamentales incluyendo los efectos locales y globales de la contaminación del aire resultante del consumo de energía, y el balance térmico de la tierra en su relación con el universo.

En la actualidad, la ciencia de la climatología no es capaz de predecir las últimas consecuencias en el clima de la tierra debido a la producción de energía por la humanidad, por ejemplo:

- A que régimen de producción de energía podría derretir las capas de hielo de los polos
- Podría amenazar la estabilidad del sistema climático la cantidad de dióxido de carbono y polvo que se arroja a la atmósfera por el quemado de combustibles fósiles
- Como la geografía de producción de energía por el hombre afecta el clima en varias partes del mundo

El efecto más importante que el creciente uso de la energía en las sociedades industrializadas ha tenido sobre el ambiente ha sido el de re-direccionar la producción neta de los ecosistemas de los consumidores naturales a la humanidad.

La población global humana actual depende de grandes entradas de energía a los sistemas biológicos con objeto de proveer suficiente alimento porque los sistemas naturales no proveen ya lo suficiente comestible.

Los problemas ambientales son creados en cada etapa de la producción, procesamiento, transportación y utilización de combustibles, por ejemplo, el drenaje de agua ácido de las minas de carbón y la contaminación del aire y agua en las plantas generadoras de electricidad presentan serios efectos ambientales.

En la tabla se muestran los factores ambientales relacionados en la energía.

III-2 IMPACTOS SOCIALES

El autor Ivan Illich analizó en su libro "Energy and social disruption", el impacto del uso de la energía en la sociedad, quien visualizó al incremento del uso de la energía como destructor o destrozador.

Este autor estableció que una política de baja energía permite una amplia elección de estilos de vida y culturas, mientras que si una sociedad opta por alto consumo de energía per cápita, sus relaciones sociales están dictadas por la tecnología.

Desde el punto de vista anterior, debajo de un umbral de consumo de energía per cápita impulsa el mejoramiento de las condiciones para el progreso social. Arriba de este umbral, el crecimiento de la energía a expensas de la equidad y posteriores afluencias de energía significa disminución en la distribución y control sobre dicha energía. Según este punto de vista, más allá de este umbral, la energía ya no puede ser controlada por procesos políticos y ocurre rompimiento social.

El punto de vista de Illich pone en tela de juicio la ética de la energía prevaletente en las naciones industrializadas, pero no ésta claro si este concepto se mantendrá a la luz del examen histórico y si hay un umbral de destructor.

En un sentido, el concepto anterior se eleva contra la importancia de las personas y sus maquinas y quien es el amo o patrón.

FIG. FACTORES AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA ENERGÍA

Elemento del ambiente	Tipo de impactos	Contaminante	Area			Costos de control		
			Global	Regional	Local	Alto	Medio	Bajo
Aire	Físicos Químicos	Dioxido de carbono	✓					
		Monóxido de carbono			✓	✓		
		óxidos de azufre		✓	✓		✓	
		óxidos de nitrógeno		✓		✓		
		Hidrocarbónicos		✓				✓
		Smog fotoquímico		✓				
		Partículas	✓	✓	✓		✓	
		Vapor de agua	✓		✓			✓
		Trazas de metales		✓	✓			✓
	Radiológicos	Gases nobles	✓					✓
		Partículas		✓	✓			
	Uso de recursos	Oxígeno						
		Helio		✓				✓
	Otras	Entradas térmicas		✓	✓			
Electromagnético				✓			✓	
Ruido			✓	✓	✓			
Agua	Físicos químicos	Derrames de petróleo		✓	✓			✓
		Drenaje ácido de minas		✓	✓	✓		
	Radiológico	Tritio	✓					✓
		Otros efluentes		✓				✓
		Desechos de minas de uranio			✓			✓
Térmico	Entradas térmicas		✓	✓		✓		
Suelo	Físicos químicos	Lluvia ácida		✓	✓			
		Caída de minerales de t.e			✓			✓
		Desechos sólidos			✓		✓	
	Radiológico	Desechos de alto nivel		✓	✓		✓	
	uso de recursos	Hundimiento de tierra			✓			
		Minado a cielo abierto de carbón		✓	✓	✓		
		Uso de suelo y derechos de vía para producción y transmisión		✓	✓		✓	
Presas hidroeléctricas			✓	✓				

III-3.- CONTROLES AMBIENTALES Y SOCIALES

En la Fig. se muestra un modelo de control de efectos ambientales y sociales; se evalúan los efectos resultantes de la interacción del uso de la energía, el hombre y su ambiente. Estas evaluaciones o estimados, resultan en ocasiones correctivas tecnológicas o de actitudes. Este proceso de retroalimentación continua a través del tiempo y conforme cambian las actitudes de la gente, alteran sus instalaciones para mejorar la situación.

Un método de control institucional es la legislación. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos, Normas y Acuerdos respectivos así como las leyes que la precedieron, regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

El reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos, reglamenta todo lo que se refiere a residuos peligrosos.

El reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, reglamenta lo que se refiere a esta materia.

El reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental requiere que cualquier planeación de un proyecto realice un estudio de impacto ambiental. Las evaluaciones de impacto ambiental son rutinariamente requeridas por las agencias federales, estatales y municipales.

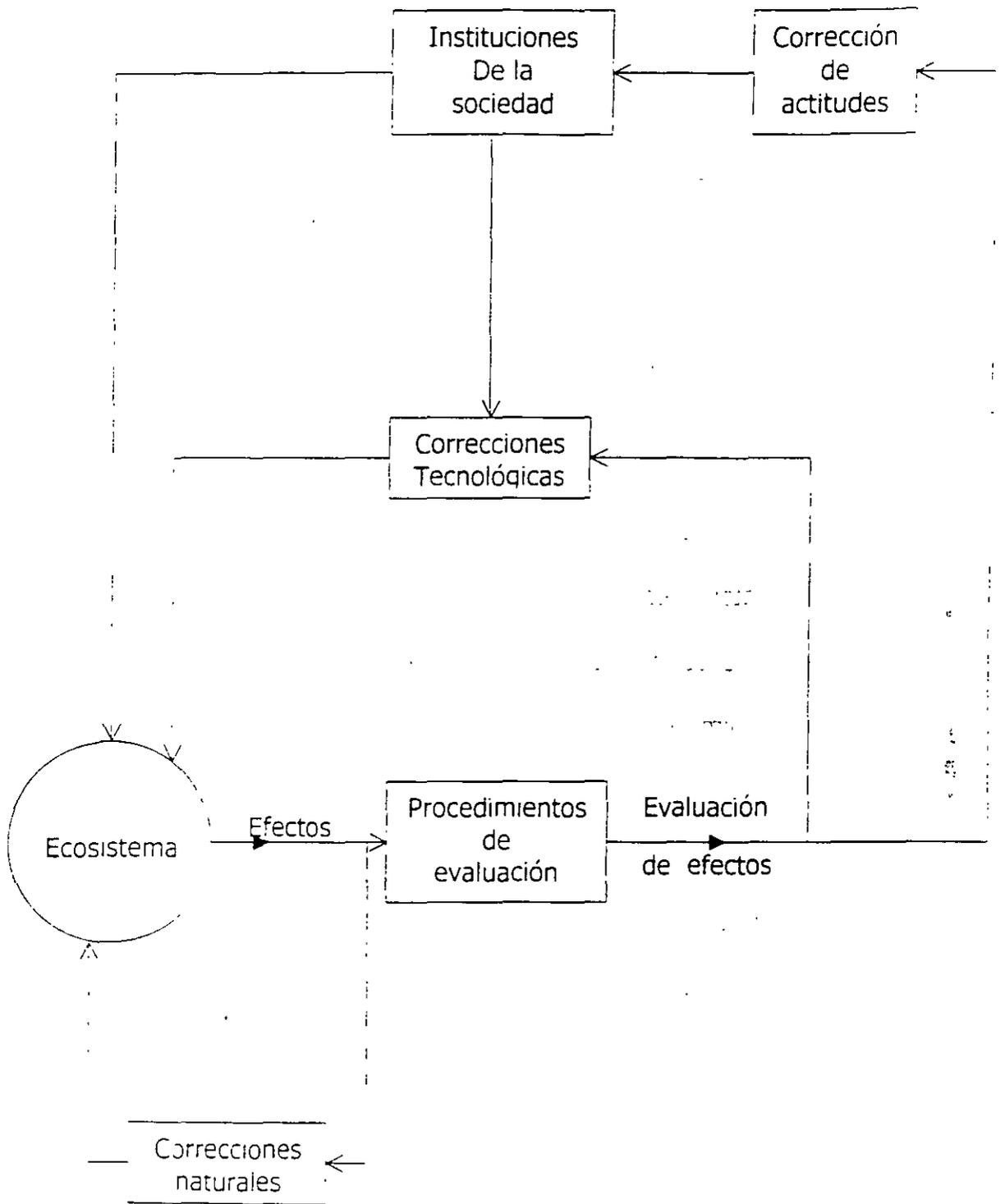


Fig. - MODELO DE CONTROL DE EFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE UN ECOSISTEMA

III-4- FACTORES DE CONTAMINACIÓN

La contaminación resulta del incremento de la población, la concentración de la gente, el incremento de la riqueza y la ineficiencia en la limpieza de las efluentes de los procesos consumidores de energía. El % de incremento en la concentración de la contaminación es aproximadamente igual a la suma del % de incremento en la población, el PIB por cápita y a la ineficiencia de la planta; la concentración de la contaminación C_p , está expresada como:

$$C_p = \left(\frac{N}{A} \right)^2 G_{cv} \times t_{1/2} \times \frac{1}{e} \quad (1)$$

En donde:

$$\frac{N}{A} = \text{número de personas por área}$$

G_{cv} = consumo total y desecho de bienes, per cápita

$t_{1/2}$ = vida media del contaminante en el ambiente en años.

e = eficiencia de la limpieza del efluente de los procesos consumidores de energía

Si la limpieza del efluente es perfecta, entonces $e = 1$ y se tiene $C_p = 0$.

Como el consumo está relacionado casi linealmente al PIB per cápita, entonces G_{cv} puede expresarse como igual al PIB per cápita y puede cambiarse $G_{cv} = F$, en donde:

F = cantidad de combustible consumido per cápita para producir los bienes.

Si se define $n = F_0/F$, en donde F_0 es la energía térmica mínima per cápita requerida para producir los bienes, se tiene:

$$G_{cv} = \frac{F_0}{n}$$

Si se sustituye este valor en la ecuación 1, se tiene

$$C_p = \left(\frac{N}{A} \right)^2 \times \frac{F_0}{n} \times t_{1/2} \times \frac{1}{e}$$

De acuerdo con lo anterior, la concentración de la contaminación es proporcional al producto de la concentración de gente por Km^2 , los bienes consumidos por persona y que tanto tiempo sobrevive el contaminante antes de que el ambiente lo enfrente, dividido entre la eficiencia del combustible, la eficiencia de limpieza del efluente e . Para reducir la contaminación, se puede:

- Reducir la densidad de población
- Reducir el consumo per cápita
- Incrementar la eficiencia de los procesos de energía
- Aumentar la efectividad de limpieza de la contaminación.

III-4.1 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Aproximadamente el 85% de toda la contaminación del aire en México está asociada a la combustión de los combustibles fósiles; la mayoría de esta contaminación proviene de los vehículos de motor, pero las plantas de potencia de combustibles fósiles también contribuyen. Los principales contaminantes son:

- CO (monóxido de carbono)
- SO_x (óxidos de azufre)
- HC (hidrocarburos)
- Partículas de materia

Estos contaminantes tienen el potencial de deteriorar la salud pública, creación de molestias y causantes de daños significativos a la propiedad.

El carbón y el petróleo producen la mayoría de los contaminantes cuando se queman, incluyendo cerca de las dos terceras partes de dióxido de azufre en el aire, por lo tanto, se han desarrollado sistemas para remover el azufre de los gases de combustión.

Las ciudades son particularmente afectadas por los contaminantes puesto que la atmósfera normalmente se dispersa en ellos, pero en áreas congestionadas las emulsiones se acumulan más rápidamente que la forma en que pueden dispersarse naturalmente.

Las primeras etapas en el control fueron las de disminuir la contaminación de los automóviles, inicialmente con modificaciones al motor para reducir las emisiones y luego requerir más reducciones por medio de dispositivos de control.

Una meta primaria del control ambiental es la de reducir el daño debido a los sulfatos; el dióxido de azufre es liberado en el escape de las plantas de potencia que queman combustibles que contienen azufre. Una vez en el aire, el dióxido de azufre se combina con el oxígeno para formar sulfato (SO₄). El método convencional de control de la contaminación es hacia el ataque directo al azufre, ya sea para:

- Evitar que el azufre llegue al aire, quemando combustible de bajo azufre o removiendo el azufre de los gases de escape.

- Disipando la concentración de dióxido de azufre con chimeneas altas que envían el contaminante a las alturas del aire en donde se difunde, antes de alcanzar el nivel de los pulmones.

La efectividad de los dos planteamientos esta en duda; la química de la formación de sulfato en el aire todavía está abierta a investigación posterior.

Los límites de emisiones de chimeneas de calderas que queman combustibles fósiles son los siguientes:

Contaminante	Combustible		
	Carbón	Petróleo	Gas
Partículas	0.18	0.18	0.18
Bióxido de azufre	2.16	1.44	-
Oxidos de Nitrógeno	1.26	0.54	0.36

Los sistemas de desulfarización de gases de combustión se han desarrollado e instalado en plantas de potencia; otras plantas usan chimeneas altas y combustible de bajo azufre. Aún no está claro cuando las normas deseadas de calidad de aire puedan o serán alcanzadas, sin embargo, los esquemas de calidad del aire están siendo perseguidas vigorosamente tanto por el gobierno como por la industria.

En la Fig. se muestra la distribución de las partículas en una pluma de gases de acuerdo con la altura y la distancia horizontal para una velocidad de aire dada.

III-4.2 CONTAMINACIÓN TÉRMICA

La contaminación térmica involucra la liberación de desechos de calor al ambiente:

- Las plantas de potencia de vapor generadoras de electricidad, como una consecuencia de la producción de electricidad.
- Los motores de los automóviles liberan grandes cantidades de calor de desecho a través del escape de los automóviles y del sistema de enfriamiento.

Los efectos sobre el ambiente del calor liberado pueden ser perjudicial, benéfico o insignificante, dependiendo de muchos factores como la forma en que el agua calentada usada para enfriamiento de plantas de potencia o motores es regresada a su fuente o su disposición. El efecto sobre la fuente de agua de enfriamiento de una planta de potencia depende de:

- La cantidad de agua disponible
- La ecología de la fuente de agua
- El uso deseado

La adición de agua calentada al cuerpo de la fuente de agua eleva su temperatura algunos grados en una área de mezclado y este incremento de temperatura puede afectar a los peces y otra vida acuática, sin embargo, estos efectos térmicos pueden ser disipados o minimizados a través de medidas de diseños adecuados. En algunos casos se utilizan métodos alternativos de enfriamiento como estanques y torres de enfriamiento.

El contenido de oxígeno en el agua es crítico para la mayoría de la vida marina y es afectado por su temperatura:

- El nivel de saturación del oxígeno disuelto disminuye en el incremento de temperatura, y al mismo tiempo se incrementa la demanda de oxígeno.
- El régimen de multiplicación del plancton se incrementa con el aumento de temperatura.
- El incremento de la temperatura del agua puede aumentar los efectos tóxicos de varios contaminantes y alterar la cadena entera de alimentación de la vida.

Algunas plantas de potencia usan torres de enfriamiento, que pueden clasificarse como:

- Húmedas o secas
- Ambas pueden ser de tiro natural o forzado.

En las torres húmedas, el agua de enfriamiento está en contacto con el aire y el enfriamiento tiene lugar por evaporación; las torres de enfriamiento húmedas operan bien en climas fríos y secos. Debido al agua incorporada al aire, puede tener lugar neblina o lluvia local.

Una torre seca es básicamente un radiador grande; el agua de enfriamiento fluye por el interior de tubos con aletas y es enfriada por el aire que pasa por el exterior de ellos. Las torres secas son más caras que las torres húmedas pero no tienen pérdidas de agua.

Los costos asociados con las torres de enfriamiento en comparación con otros métodos de enfriamiento se muestran en la tabla siguiente; estos costos pueden ser comparados con el costo de la planta que es de alrededor de 800 millones de dólares.

TABLA: COSTOS COMPARATIVOS DE ESQUEMAS DE ENFRIAMIENTO PARA UNA PLANTA DE POTENCIA DE COMBUSTIBLE FÓSIL DE 800 MW

ESQUEMA DE ENFRIAMIENTO	COSTO 10 ⁶ DÓLARES
Un paso (rió, lago, mar)	13
Estanque de enfriamiento	19
Torre húmeda	
• Tiro forzado	19
• Tiro natural	24
Torre seca	
• Tiro forzado	43
• Tiro natural	85

Las emisiones de calor de las plantas de potencia y dispositivos consumidores de energía, conjuntamente con una superficie cambiada de vegetación a edificios y carreteras tienen un efecto sobre el clima local de regiones de la tierra; p.e., áreas urbanas son notablemente más calientes que las áreas rurales que las rodean, sin embargo, el efecto global es insignificamente puesto que el calor de desecho es mucho muy pequeño comparado con el balance natural de energía de la tierra.

El agua es abundante sobre la tierra, pero no siempre se localiza cerca de donde se necesita: en un día promedio cerca de 3×10^{11} m³ de lluvia y nieve caen sobre el área de tierra del mundo. El calor liberado al agua o aire, puede ser de:

- El ciclo hidrológico en el cual circulan grandes cantidades de agua
- El balance de calor de la atmósfera del mundo

Mientras que el balance total de calor en el mundo es afectado en forma insignificante, las cargas de emisiones térmicas en las ciudades son muy importantes, en donde la elevación de temperatura puede ser tan alta como 8°C, resultando en el fenómeno llamado "isla de calor urbano".

III-4.3 DESECHOS RADIOACTIVOS

Las plantas de potencia nucleares no producen humo y otros contaminantes al aire como las plantas de combustibles fósiles, sin embargo, tienen el problema del manejo de desechos radioactivos, que pueden clasificarse en dos categorías:

- Bajo nivel. La radioactividad es muy baja, como lo que ocurre en el aire, agua y sólidos fuera de los elementos combustibles en la operación normal de los reactores de plantas de potencia. Parece que estos desechos de bajo nivel pueden ser controlados a un nivel consistente con el nivel base de radiación
- Alto nivel. Se produce cuando hay fugas en los elementos de combustible y en las plantas de procesamiento de uranio y de reprocesamiento de los elementos de combustible agotados de los reactores nucleares. El combustible agotado del reactor se remueve de este, se empaqueta y se envía a la planta de reprocesamiento; durante el reprocesamiento se remueve de los elementos de combustible los desechos de alto nivel, se concentran y se almacenan. Estos desechos se almacenan finalmente en un depósito federal con características muy especiales.

III-4.4 OTROS EFECTOS AMBIENTALES

Los efectos ambientales potenciales por la extracción, procesamiento, almacenamiento, transporte y consumo de energía son numerosos, un ejemplo de dichos efectos son los derrames de petróleo.

III-5 COSTOS DE CONTROL AMBIENTAL

Es importante estudiar la economía y costos de la energía de dispositivos y esquemas de control de la contaminación. El costo bruto de la limpieza del ambiente está hecha de miles de pequeños y grandes costos como los costos de capital y los costos de operación.

Las compañías eléctricas tienen que gastar alrededor del 20% de su presupuesto para el control ambiental; la operación de un lavador de gases puede requerir el 4% de la producción de cada planta.

La adición de controles de emisión a los automóviles aumentó y junto con el cumplimiento de las normas cuesta aproximadamente \$400 dólares adicionales.

El incremento de energía agregado requerido para reducir los contaminantes emitidos por el escape de los automóviles aumenta aproximadamente el 15% el consumo de combustible, aunque el consumo de

combustible puede reducirse por rediseño del auto y del motor y por la reducción del peso del vehículo

Se estima que el tratamiento de toda el agua de desecho residencial e industrial podría requerir aproximadamente el 1.5% del total de energía eléctrica usada anualmente.

La remoción de partículas de fuentes estacionarias por medio de precipitadores electrostáticos, requiere menos del 0.1% de la potencia de salida; las lavadores para remover el 80% del azufre de los gases de escape consume cerca del 4% de la salida de la planta de potencia y un costo de capital de aproximadamente el 60% del costo de la caldera.

El uso de torres de enfriamiento húmedas de tiro forzado para plantas de potencia resultan en una penalización de cerca del 1%; en las torres secas la pérdida de potencia es de cerca del 5% de la salida de la planta.

Por lo anterior puede estimarse que los requerimientos de energía para el mejoramiento ambiental pueden promediar del 4 al 6% de la energía total consumida. Mientras se desarrollan nuevas y eficientes tecnologías de control, puede esperarse un mejoramiento en este factor de penalización.

ENERGIA

- EL PROCESO ENERGETICO
- FUENTES
- CONSUMOS
- PROCESOS DE CONVERSION
- TECNOLOGIAS ACTUALES
 - MEXICO
 - MUNDIALES
- TENDENCIAS TECNOLOGICAS ESPERADAS

EL PROCESO ENERGETICO

- USO FINAL DE LA ENERGIA
- TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO
- OBTENCION Y CONVERSION
- EFECTOS AMBIENTALES

USO FINAL DE LA ENERGIA

- Energía Mecánica. Fuerza motriz.
- Energía térmica. Calentamiento/enfriamiento
- Energía eléctrica. Sistemas de cómputo, comunicaciones

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

- TRANSPORTE

- Energía Eléctrica. Líneas de transmisión
- Combustibles.

- ALMACENAMIENTO

- Energía eléctrica. Baterías
- Energía potencial de cuerpos de agua
- Combustibles. Hidrógeno

OBTENCION Y CONVERSION

- FUENTES PRIMARIAS

- Solar
- Química. Combustibles
- Atómica. Fisión - Fusión
- Geotérmica
- Hidráulica
- Eólica
- Maremotriz

- CONVERSION

- Aprovechamiento directo
- A Energía Eléctrica

EFECTOS AMBIENTALES

- Impactos ambientales durante construcción
- Impactos ambientales durante extracción de combustibles
- **Impactos ambientales durante la operación**
 - **Emisiones atmosféricas**
- Impactos ambientales durante la transmisión

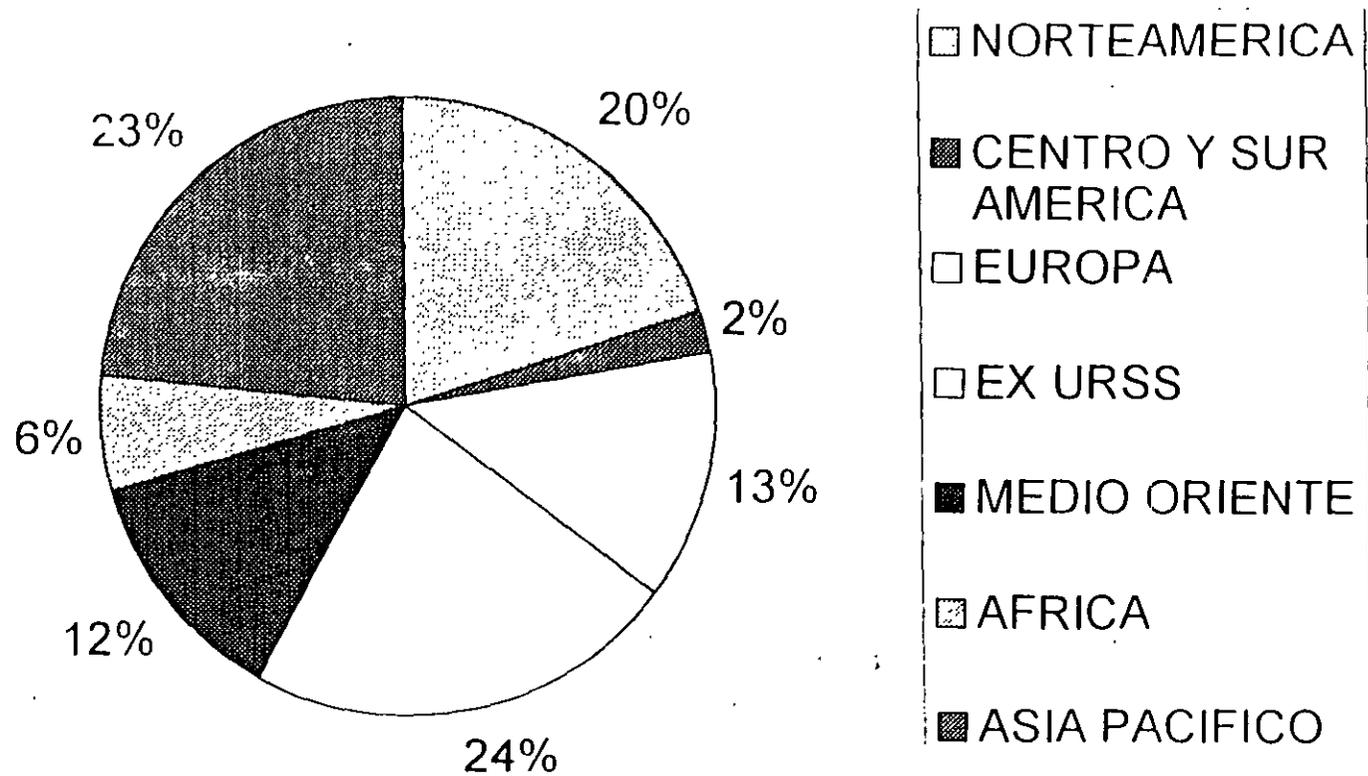
FUENTES PRIMARIAS DE ENERGIA

- Combustibles fósiles
 - Carbón
 - Petróleo
 - Gas Natural
 - Orimulsión
- Combustibles Nucleares
- Potencial Hidráulico
- Potencial Eólico
- Potencial Solar
- Potencial Geotérmico
- Fuentes renovables

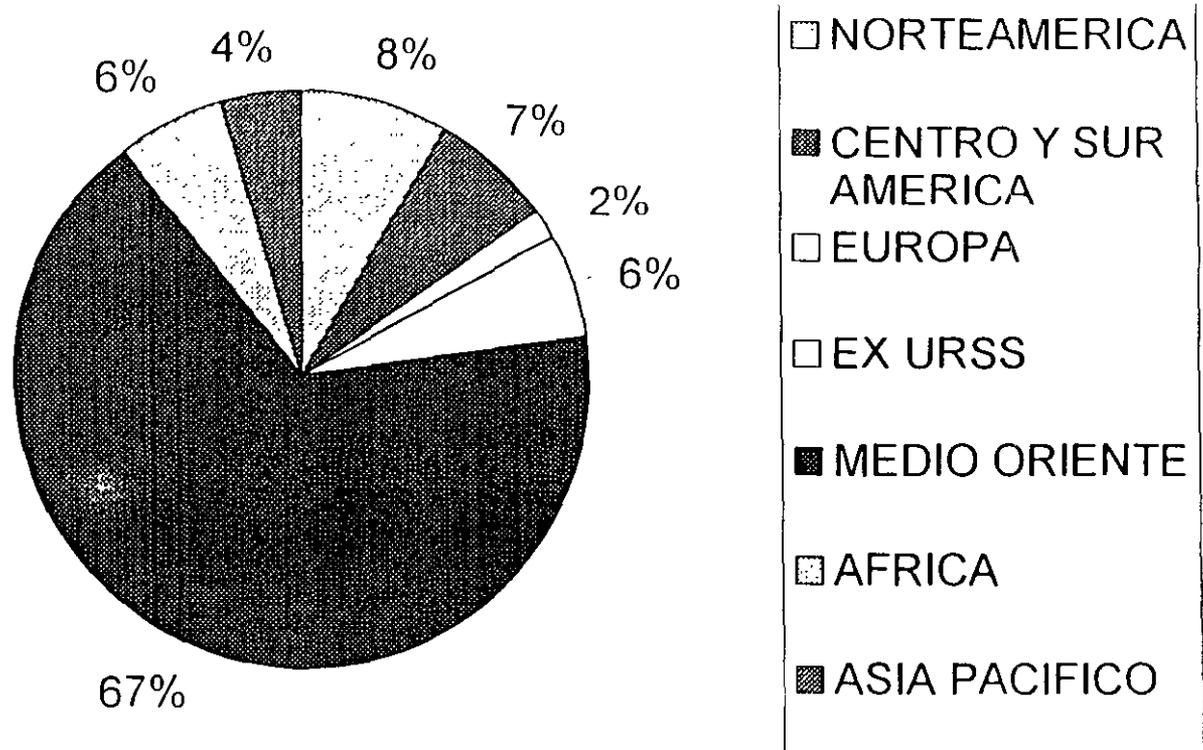
NOTA SOBRE LA ORIMULSION

- Bitumen existente en el Orinoco
- Reservas 42.4 TMT
- Poder calorífico 60% del combustóleo
- Uso como emulsión en agua
- Reciente aplicación
- ***NO INCLUIDO EN LAS CIFRAS DE RESERVAS Y CONSUMOS.***

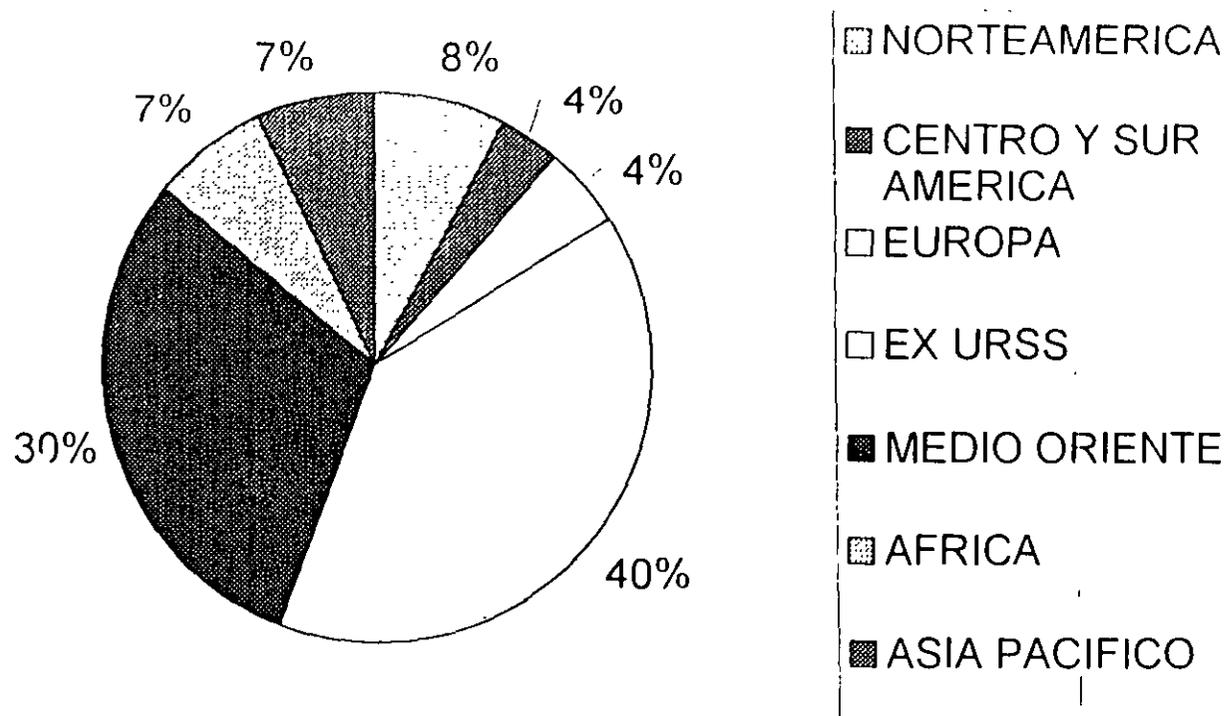
DISTRIBUCION DE LAS RESERVAS POR REGION (1997)



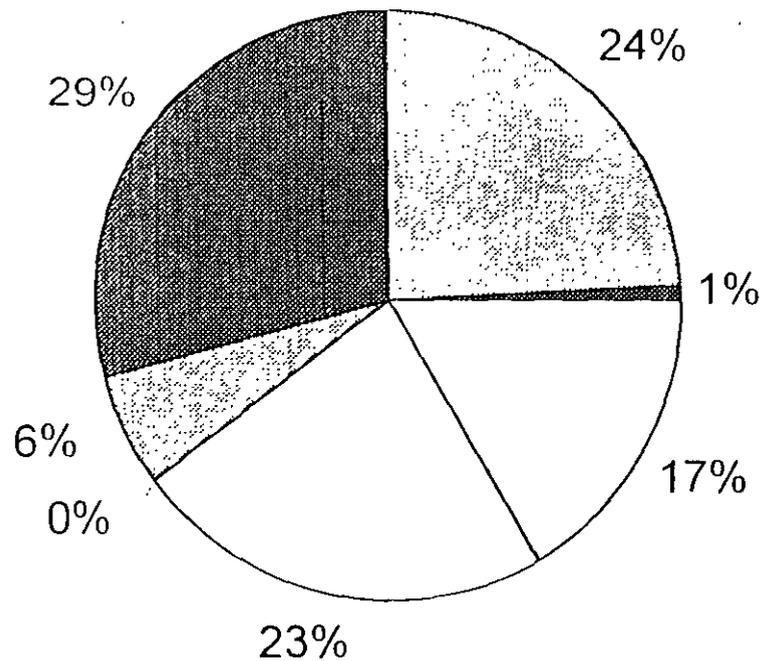
DISTRIBUCION DE RESERVAS DE PETROLEO POR REGION (1997)



DISTRIBUCION DE RESERVAS DE GAS POR REGION (1997)



DISTRIBUCION DE RESERVAS DE CARBON POR REGION (1997)



- NORTEAMERICA
- CENTRO Y SUR AMERICA
- EUROPA
- EX URSS
- MEDIO ORIENTE
- AFRICA
- ASIA PACIFICO

RELACION RESERVA CONSUMO POR ENRGETICO

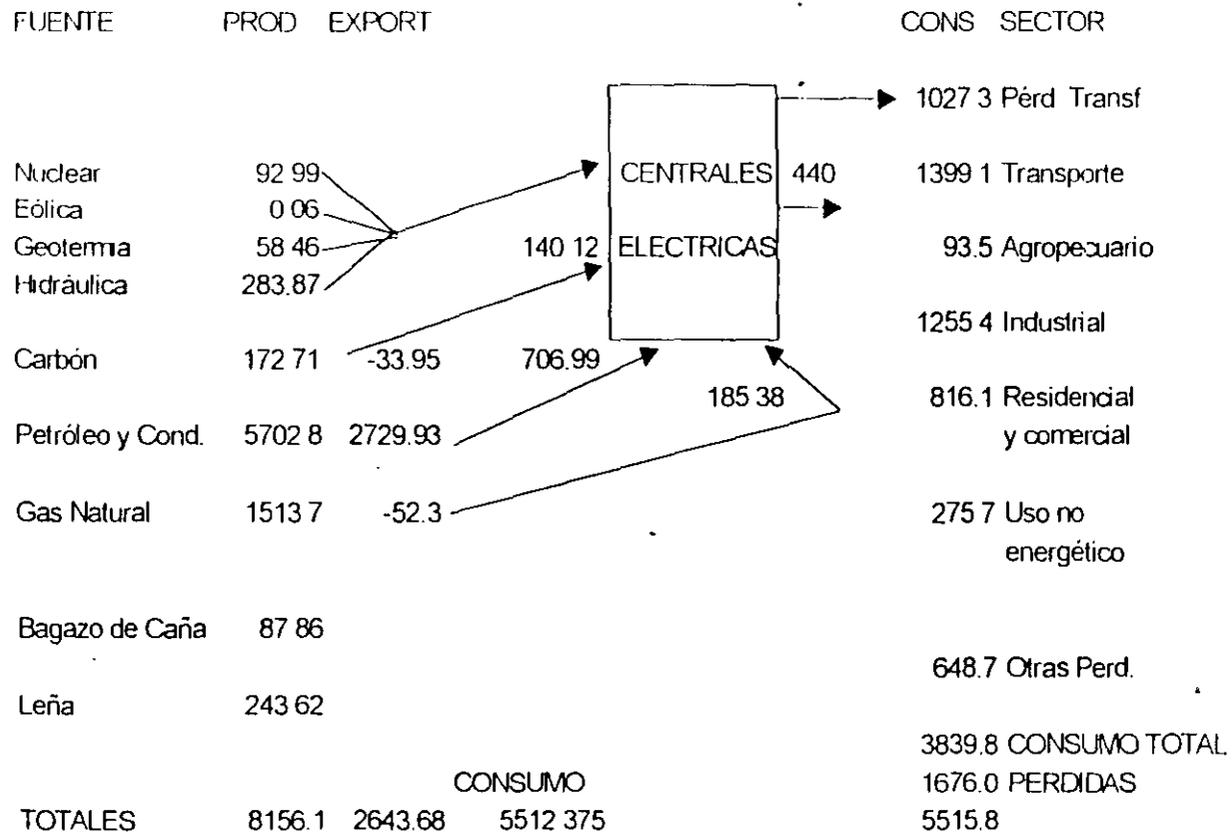
- TOTAL 115 AÑOS
- CARBON 320 AÑOS
- PETROLEO 40 AÑOS
- GAS NATURAL 64 AÑOS

CONVERSIONES DE UNIDADES

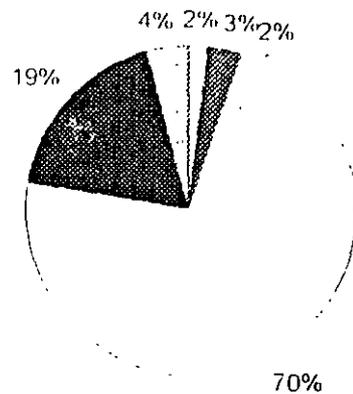
- 1 TEP = 7.663 barriles de petróleo
- 1 TEP = 39,136 pies cúbicos de gas natural
- 1 TEP = 1.43 toneladas de carbón
- 1 TEP = 27,144 MJoules
- 1 Kw-hr = 3.6 MJoules
- 1 barril de petróleo = 5,811 MJoules
- 1 pie cúbico de gas = 1,125 K.Joules
- 1 tonelada de carbón = 18,982 Mjoules
- 1 PetaJoule = 10^9 MJoules

DISTRIBUCION DEL USO DE ENERGIA EN MEXICO

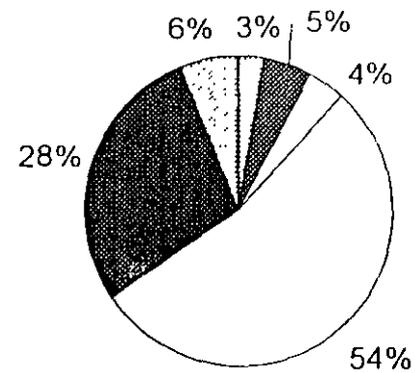
Cifras en Petajoules



FUENTES DE ENERGIA EN MEXICO (1995)



PRODUCCION



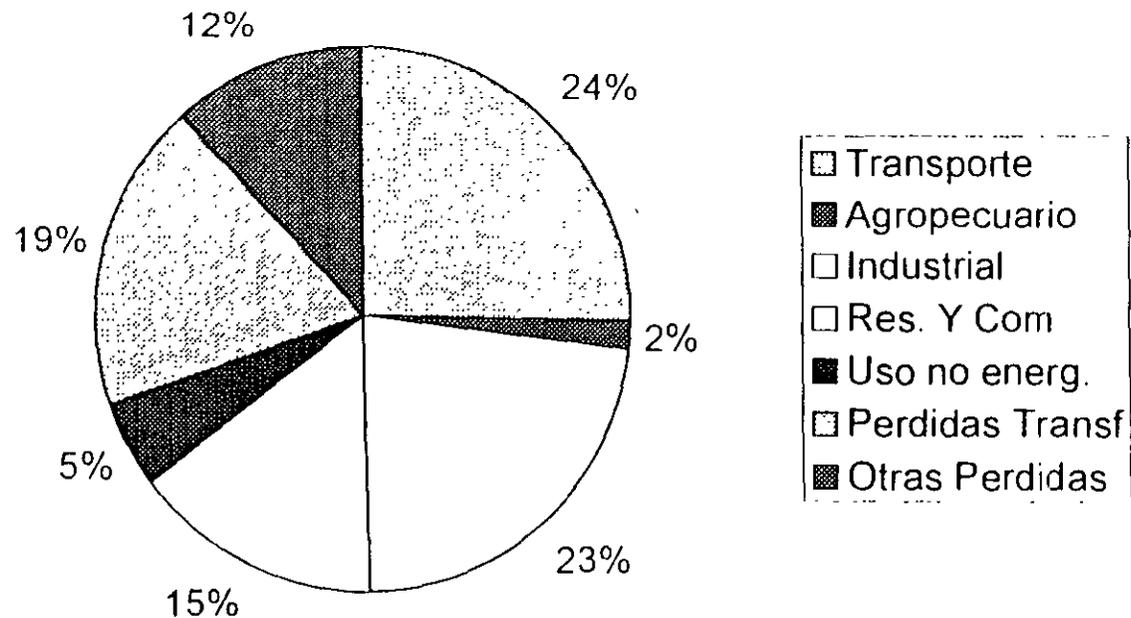
CONSUMO

- Nuc, Eol, Geot
- Hidráulica
- Carbón
- Petróleo
- Gas
- ▨ Bagazo y leña

USOS DE LA ENERGIA POR SECTOR EN MEXICO

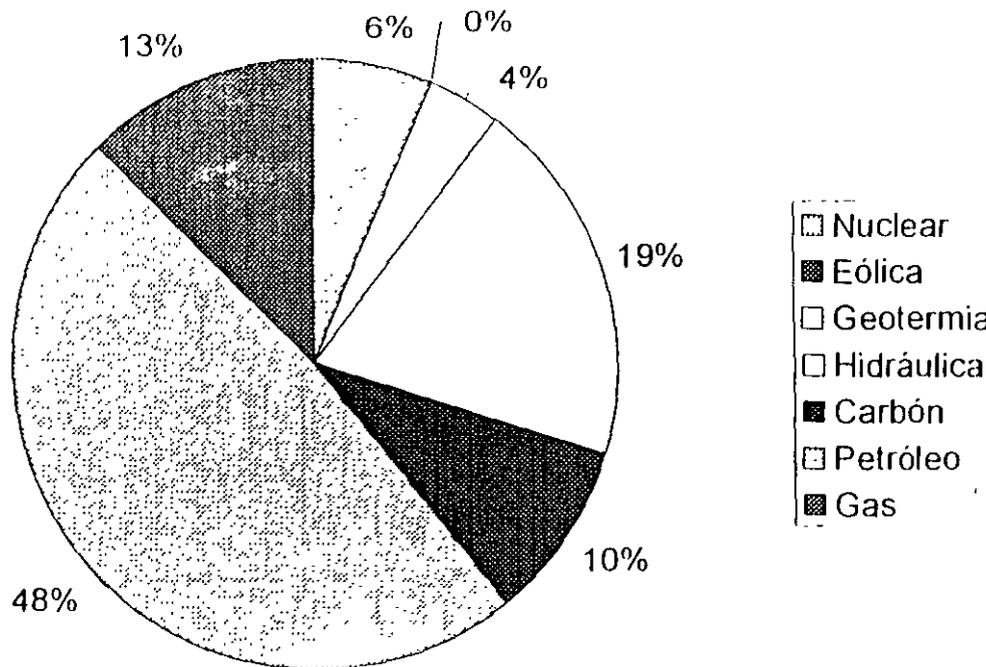
Consumo Neto 3,869PJ; Consumo Total 5,487PJ

Sect. Electrico: Consumo 1,467 Producción 440



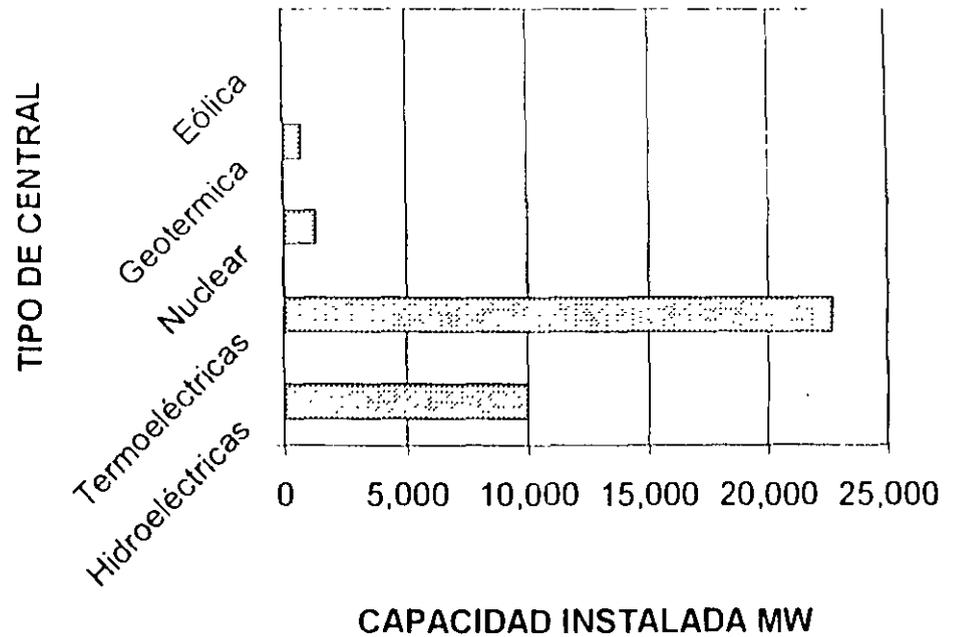
FUENTES DE ENERGIA PARA EL SECTOR ELECTRICO EN MEXICO

Generación 440PJ Consumo 1467PJ



INTEGRACION DEL SISTEMA ELECTRICO MEXICANO POR TIPO DE CENTRAL (CFE 1997)

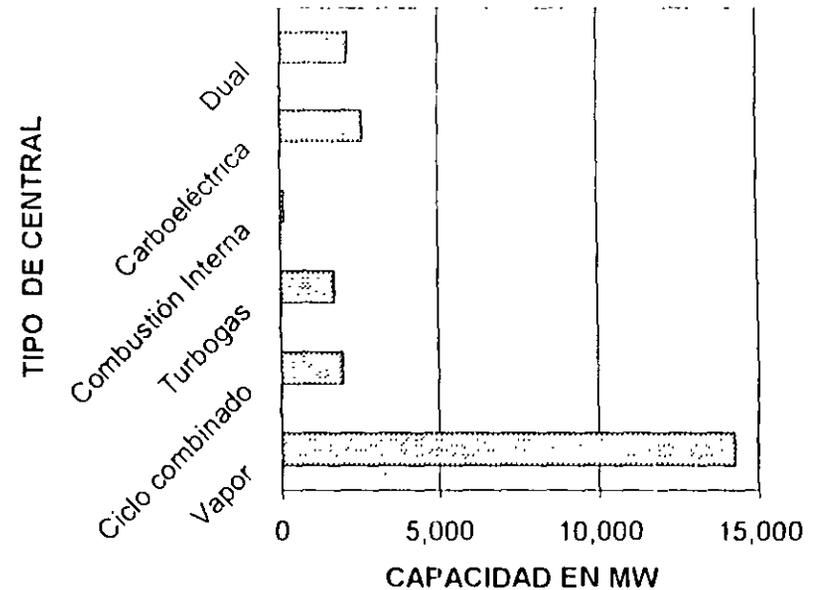
Tipo de Central	Capacidad MW
Hidroeléctricas	10,034
Termoeléctricas	22,720
Nuclear	1,309
Geotermica	750
Eólica	2



CAPACIDAD EN CENTRALES

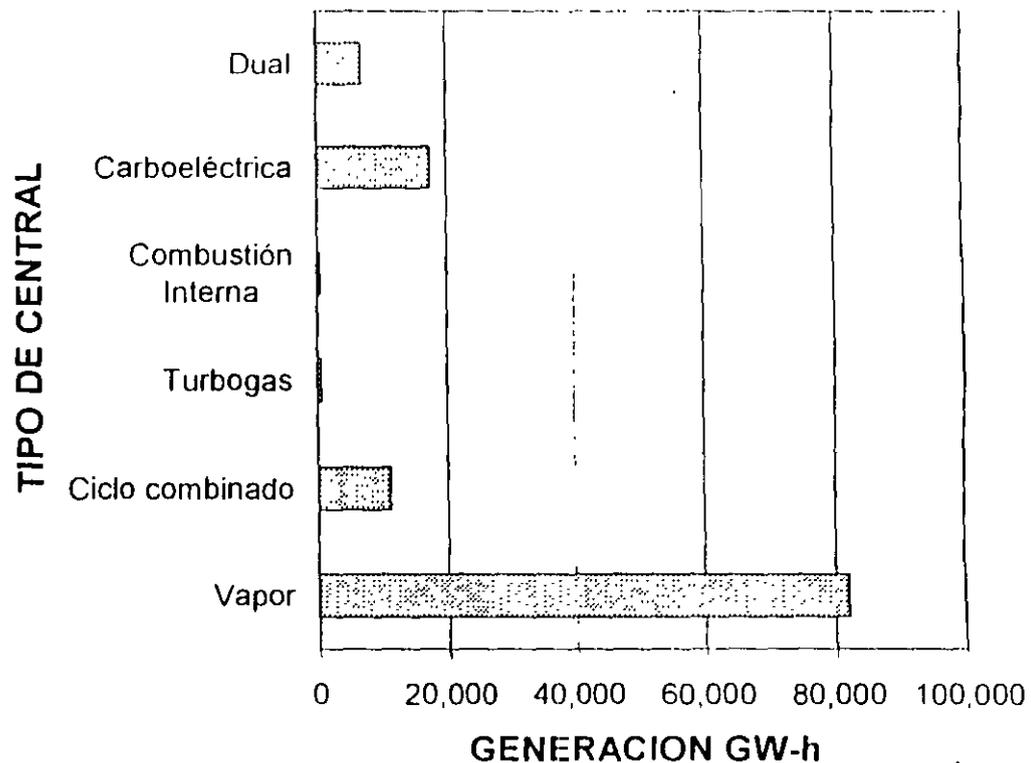
TERMOELECTRICAS

Termoeléctricas	22,720
Vapor	14,282
Ciclo combinado	1,942
Turbogas	1,675
Combustión Intern	121
Carboeléctrica	2,600
Dual	2,100



DISTRIBUCION DE LA GENERACIÓN EN TERMOELECTRICAS

Termoeléctricas	119,029
Vapor	82,103
Ciclo combinado	11,233
Turbogas	657
Combustión Intern	460
Carboeléctrica	17,575
Dual	7,001



RESUMEN DE FUENTES Y CONSUMOS DE ENERGIA EN EL MUNDO

- Reservas iguales a consumo de 115 años
- Reservas de petróleo y gas para 50 años
- Reservas de carbón amplias (300 años).
- Orimulsión es un nuevo factor en oferta

TENDENCIAS HACIA EL
APROVECHAMIENTO DE CARBON Y
ORIMULSION

RESUMEN DE FUENTES Y CONSUMOS ENERGETICOS EN MEXICO

- Reservas y consumos del orden de 1% del mundo.
- Uso todavía importante de leña (5%)
- Principales reservas en gas y petróleo (90%)
- Gas todavía subutilizado en generación
- Generación Termoeléctrica dominante

CONVERSION DE ENERGIA

Transformación de la fuente primaria a forma adecuada para uso o transporte.

Química > Eléctrica (Celdas de combustible)

Solar > Eléctrica (Celdas fotovoltaicas)

Potencial > Mecánica >

Eólica > Mecánica > Eléctrica (Hidroeléctricas)

Química > Térmica

Atómica > Térmica

Solar > Térmica > Mecánica > Eléctrica

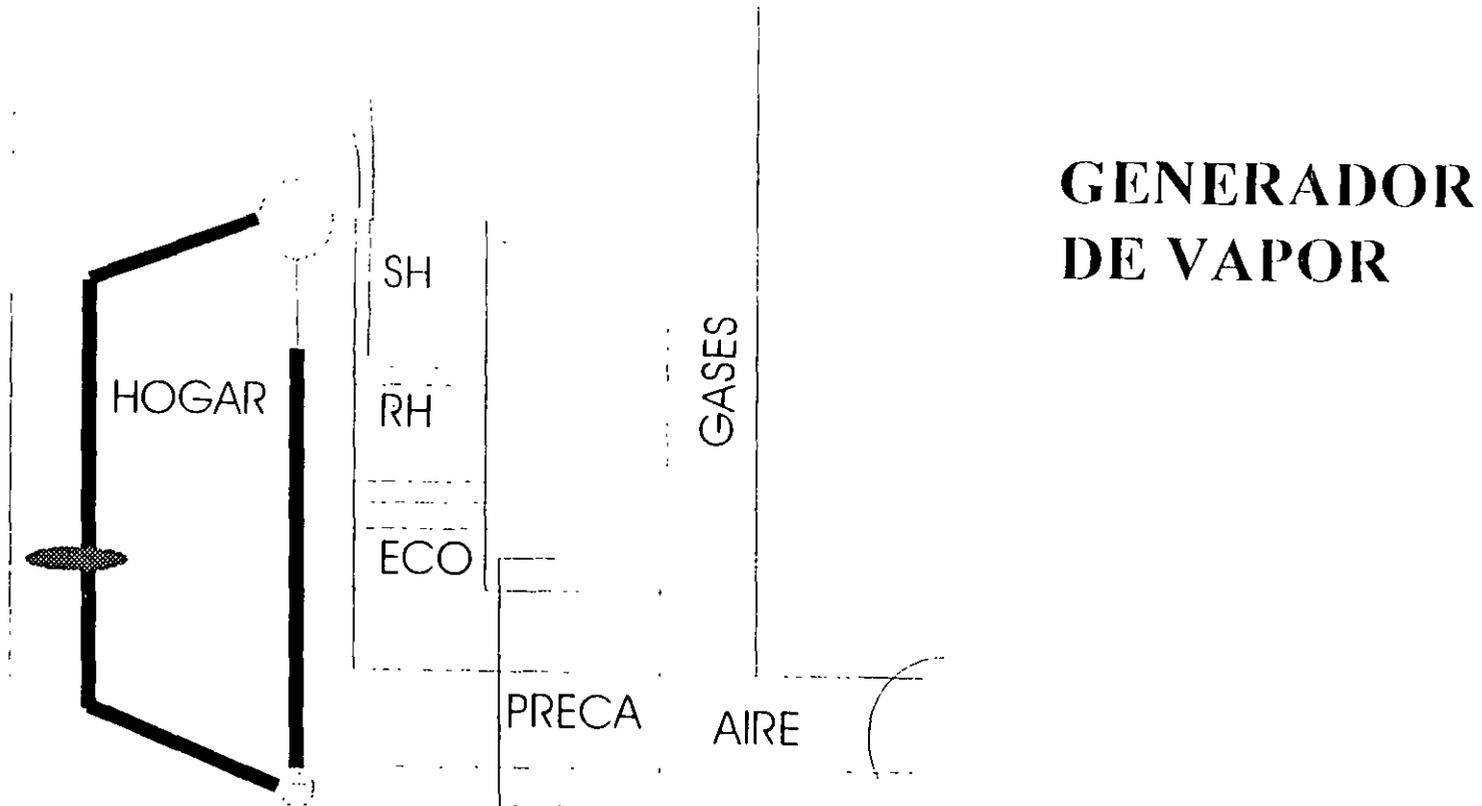
CONVERSION QUIMICA - TERMICA

- COMBUSTION
 - Combustibles sólidos
 - Combustibles líquidos
 - Combustibles gaseosos
- GENERACION DE CONTAMINANTES
 - Bióxido de carbono
 - Oxidos de Azufre y de Nitrógeno
 - Partículas sólidas
 - Monóxido de carbono

CONVERSION TERMICA - MECANICA

- MAQUINA TERMICA CICLICA (Eficiencia limitada por ciclo de CARNOT)
 - Compresión
 - Calentamiento
 - Expansión
 - Descarga (enfriamiento)
- COMPONENTES (Eficiencia limitada por aspectos tecnológicos)

MAQUINA TERMICA CENTRAL TERMOELECTRICA



EL CICLO DE CARNOT

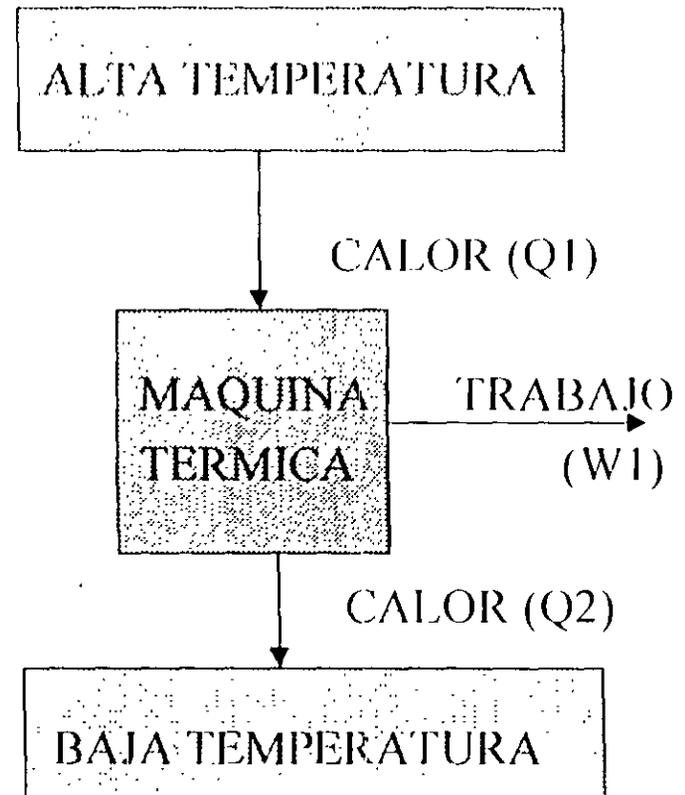
- OPERACIÓN ENTRE DOS FUENTES DE TEMPERATURA

- **EFICIENCIA**

- $ef = W1 / Q1$
- $ef = (Q1 - Q2) / Q1$
- $ef = 1 - Q2 / Q1$

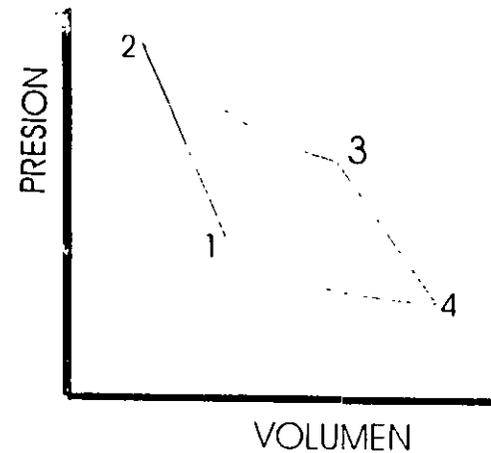
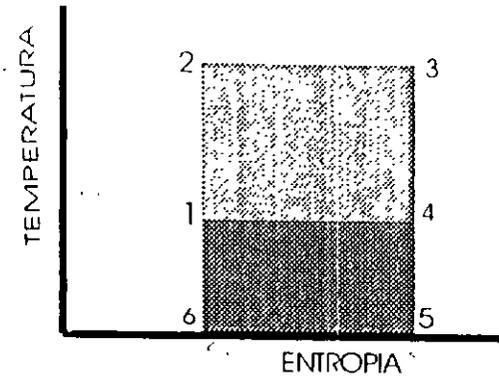
- **2a. LEY**

- $ef = 1 - T2 / T1$



CICLO DE CARNOT

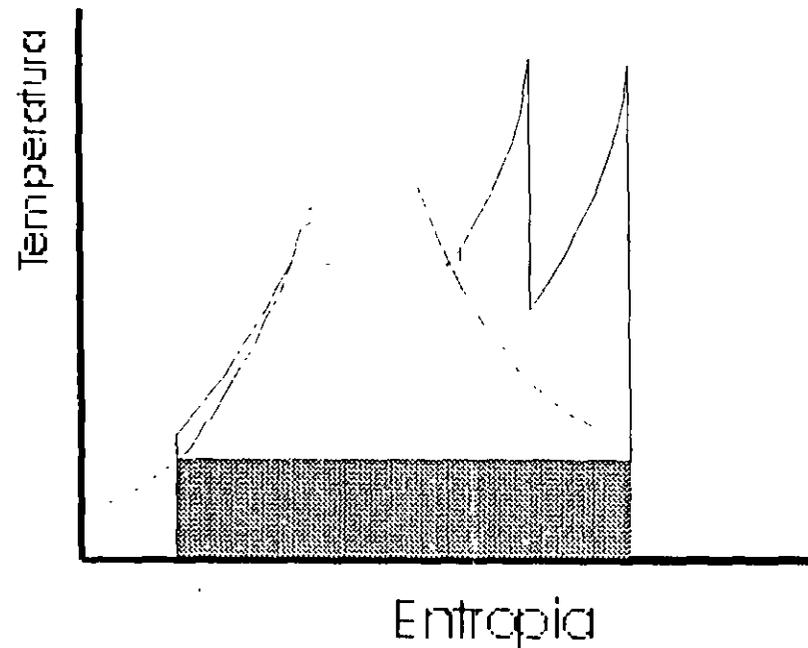
- Area 1-2-3-4 en T-S es trabajo del ciclo
- Eficiencia es $A_{1-2-3-4}$ dividida entre $A_{6-2-3-5}$



CICLO RANKINE

(Central Convencional a Vapor)

- Limitación tecnológica.
Temperatura máxima.
(540C)
- Eficiencias del 30 al 40%
- **Puede usar cualquier combustible**
- Tres clases:
 - Baja Presión < 60 Kg/cm²
 - Alta Presión
 - Supercriticas >225 Kg/cm²

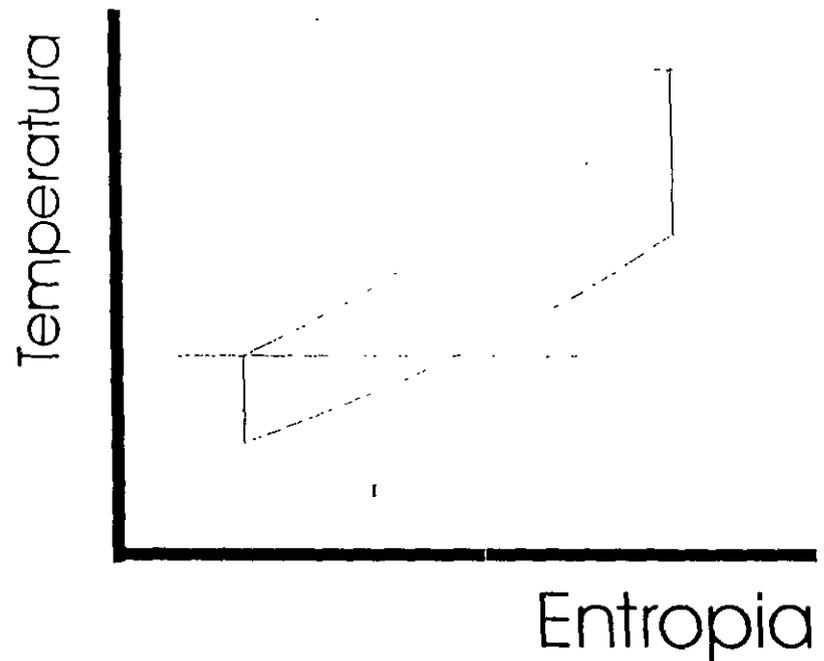


CICLO DIESEL

- Alta eficiencia
- Tamaños chicos
- Usa cualquier combustible líquido o gaseoso

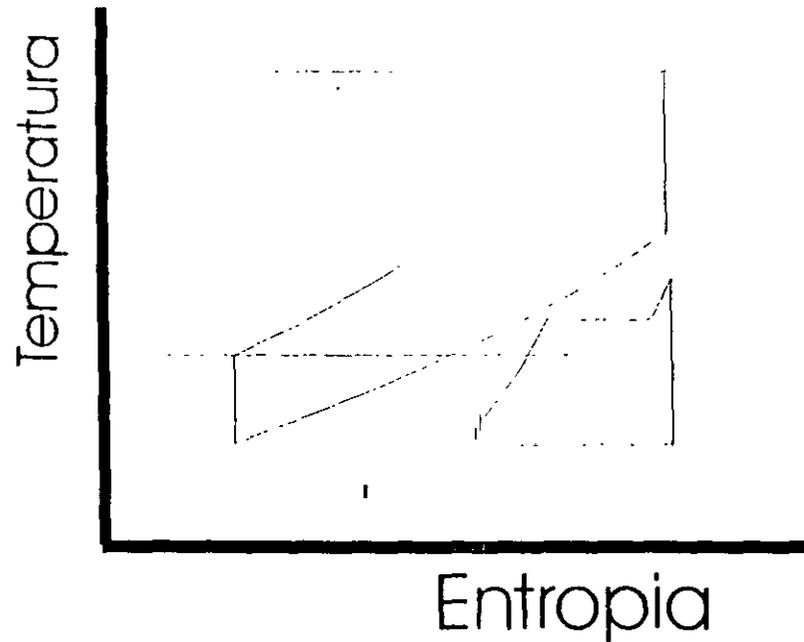
CICLO BRAYTON (Turbina de gas)

- Limitación tecnológica.
Temperatura máxima.
(Actualmente 1300C)
- Eficiencias del 25 al 45%
- Limitación práctica.
Requiere gas o
combustible ligero.

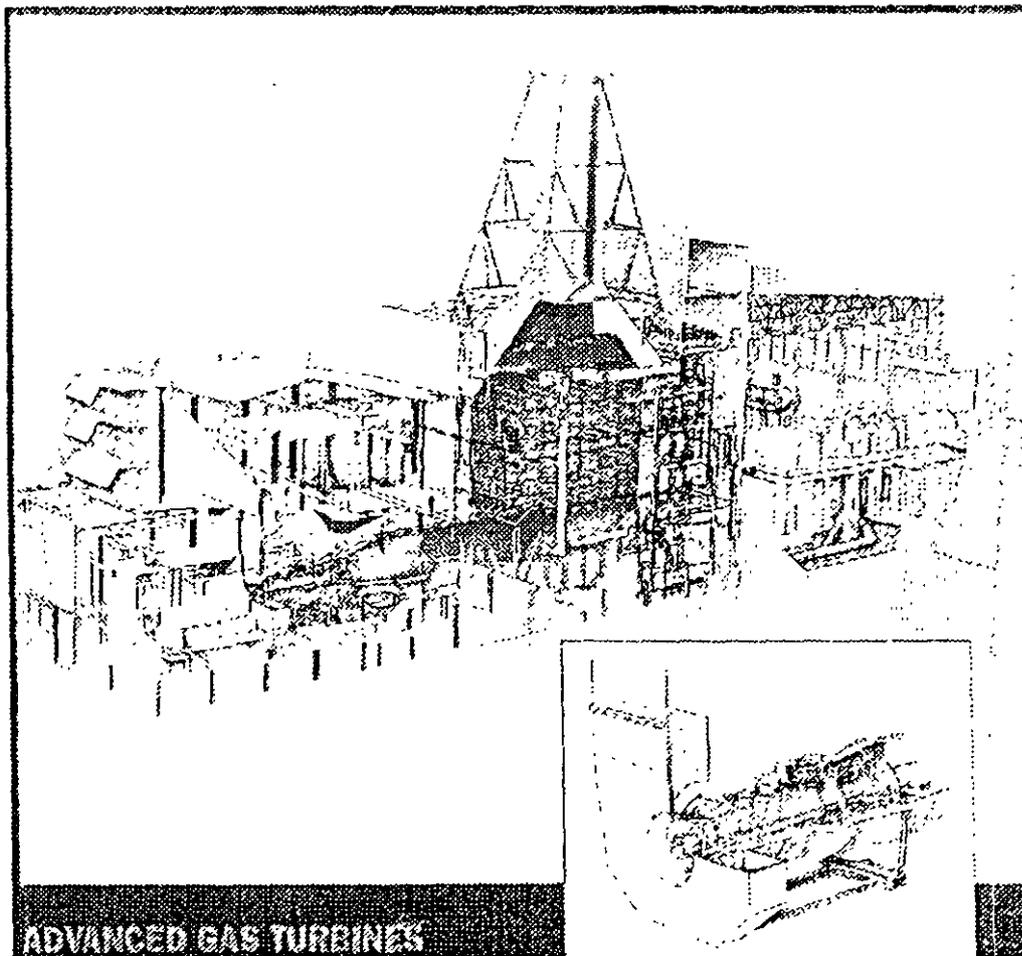


CICLOS COMBINADOS

- Utiliza una turbina de gas como elemento principal.
- Acopla un ciclo Rankine para usar el calor de rechazo.
- Limitaciones tecnológicas son las de la turbina de gas



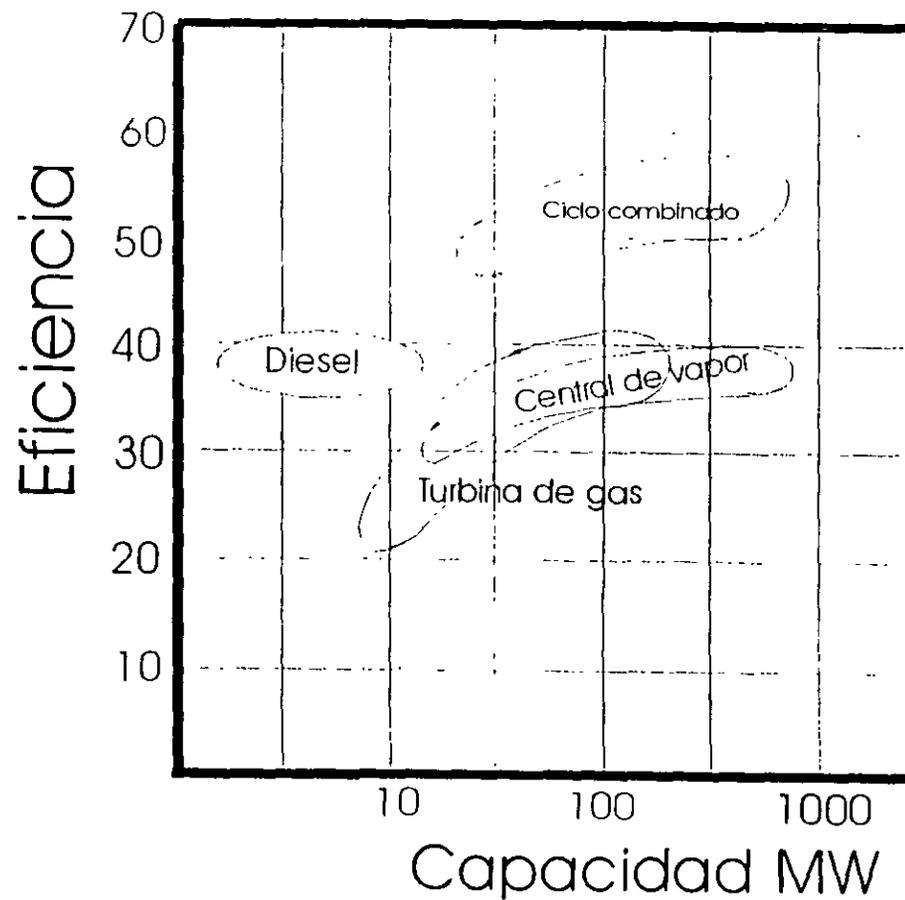
CICLO COMBINADO



COGENERACION

- USO DUAL DEL COMBUSTIBLE
 - Generación
 - Vapor / cal.
- MAS COMUNES
 - TG con cald. Recup.
 - CR. Turb. CP
 - Diesel con Recup.

EFICIENCIAS Y TAMAÑOS DE LAS DISTINTAS MAQUINAS



COSTOS DE LAS DISTINTAS MAQUINAS

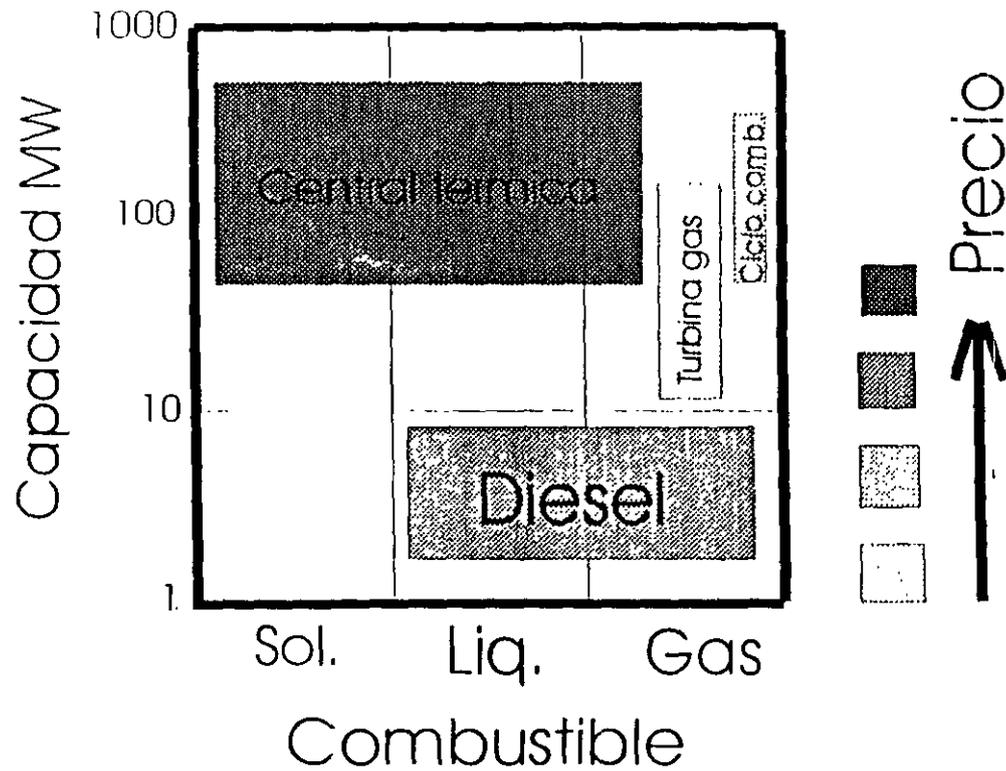
Ciclo combinado 500 a 1,000 US /KW

Central a vapor 900 a 1,200

Máquina Diesel700 a 900

Turbina de gas 300 a 500

RANGOS DE APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES



TENDENCIAS ESPERADAS EN PRECIOS DE ENERGETICOS

PRECIOS (US\$ 1996 POR UNIDAD)	1995	2000	2005	2010	2015	2020
PETRÓLEO (US\$/bl)	17.58	19.11	20.19	20.81	21.48	22.32
GAS A BOCA DE POZO (US\$/miles de pies cúbicos)	1.61	2.11	2.15	2.31	2.38	2.54
CARBÓN A BOCA DE MINA (US\$/ton corta)	19.25	17.45	16.18	15.05	13.99	13.27
ELECTRICIDAD PROM. (cUS\$/kWh)	7.0	6.5	6.1	5.9	5.6	5.5

CARACTERISTICAS TECNICO ECONOMICAS DE LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS

	CC-Gas	VLEG	LFCA	VSC	VUSC	LFCP	IGCC	FC	HAT
Eficiencia (% H.V)	52.0	35.2	35.0	38.7	48	40.2	42.7	54.2	50.2
Costo de inversión (USA/kW)	578	1,248	1,449	1,576		1,936	1,587	1,323	715
Costo niv. de generación (US\$/MWh)	3.76	4.70	5.01	5.61		6.54	5.26	(4)	4.25
Tiempo de construcción (años)	2-3	3-4	3-4	4-5		4-5	4-5	3	2-3

AREAS PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGIAS

- Aumentar eficiencia >>70%
 - Mejores materiales
 - Tecnologías de fabricación/enfriamiento
 - Cogeneración
- Aprovechar combustibles sólidos
 - Lechos fluidizados
 - Gasificación
- Reducir impacto ambiental
 - Captura de CO₂
 - Reducción de SO_x y NO_x

IMPACTOS AMBIENTALES

- Lluvia ácida 1960
- Partículas y NOx 1980
- Gases Efecto Invernadero..... 1996

TECNOLOGIAS PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y USAR COMBUSTIBLES SOLIDOS

- Lechos fluidizados atmosféricos
- Posibilitar utilización de ciclos combinados.
 - Gasificación de combustibles
 - Lechos fluidizados presurizados
- Aumentar la eficiencia de ciclos de turbina de gas
- Centrales Carboeléctricas de alta eficiencia
- Generación distribuida y cogeneración

TECNOLOGIAS PARA REDUCIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

- Uso de combustibles limpios (mientras se pueda)
- Mejoramiento de sistemas de combustión
- Combustión en lecho fluidizado
- Combustión con baja producción de NO_x
- Captura de CO₂ en chimenea
- Disposición de CO₂

USO DE COMBUSTIBLES LIMPIOS

- CAMBIO A GAS DE CENTRALES A CARBON O A COMBUSTOLEO
- *Evidentemente la aplicación es limitada*

MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE COMBUSTION

- Mejores atomizadores
 - Mejora uso de combustóleo
- Inyección controlada de aire
 - Reduce NOx
- Uso de emulsiones Agua en aceite
 - Mejora combustión
- Uso de emulsiones Aceite en Agua
 - Permite uso de residuos pesados

MEJORAS A COMBUSTION

- Con buenos atomizadores o con el uso de emulsiones los resultados obtenidos son:
 - Partículas bajan de 400 mg/m³ a 150
- El costo que se paga es en consumo de vapor

MEJORAMIENTO DE MATERIALES Y SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE ALABES

- Permite temperaturas de operación más altas
 - Mejor eficiencia

LECHOS FLUIDIZADOS ATMOSFÉRICOS

- Permiten utilizar combustibles con alto tiempo de quemado.
 - Coque de petróleo
 - Bagazo
- Permiten mezclar Caliza o Cal con el combustible.
 - Retienen SO₂

LECHOS FLUIDIZADOS ATMOSFERICOS

- Burbujeante
 - El lecho se mantiene suspendido
- Circulante
 - El lecho circula con los gases

LECHO FLUIDIZADO ATMOSFERICO CIRCULANTE

- Eficiencia 35%
- Inversión 1,450 USD/KW
- Costo Generación 5.01 USD/MWh
- Uso de absorbente 149 Kg/MWh
- Sólidos generados 226 Kg/MWh
- Tiempo de const. 3.5 años

GASIFICACIÓN INTEGRADA A CICLOS COMBINADOS

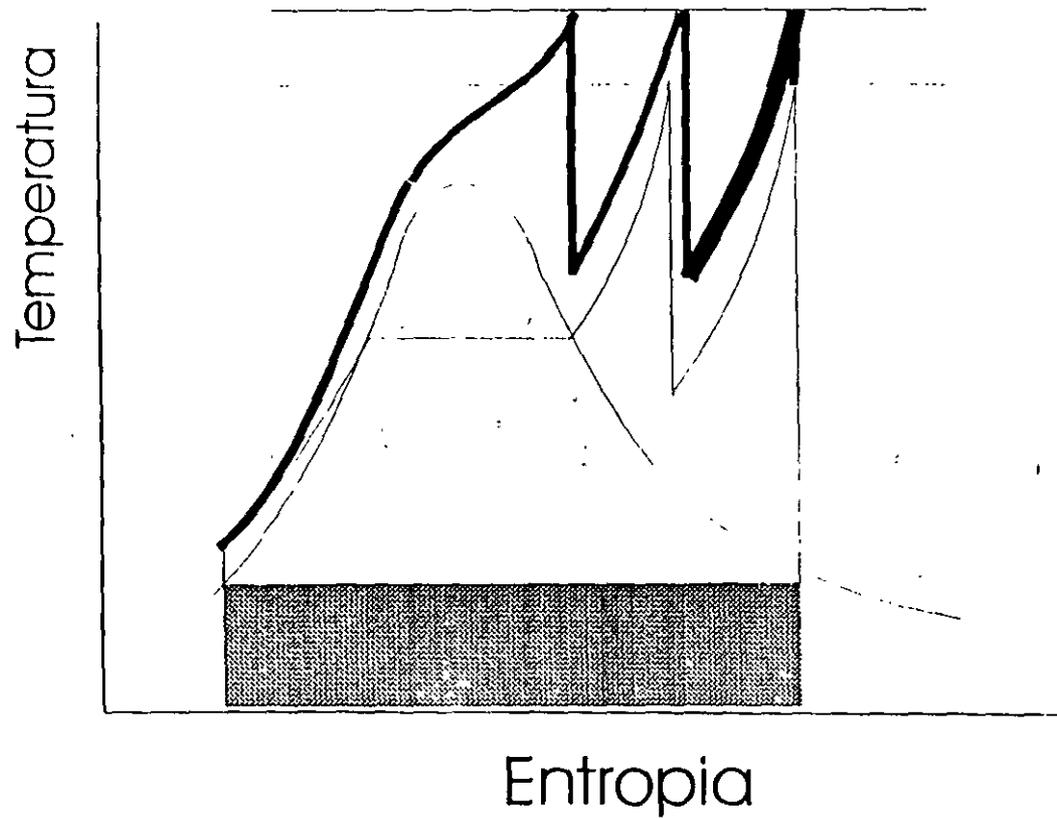
- Eficiencia 43 %
- Inversión 1,590 USD/KW
- Costo Generación 5.26 USD/MWh
- Uso de absorbente 0 Kg/MWh
- Sólidos generados 63 Kg/MWh
- Tiempo de const. 4.5 años

LECHO CIRCULANTE PRESURIZADO

- Eficiencia 40 %
- Inversión 1,930 USD/KW
- Costo Generación 6.54 USD/MWh
- Uso de absorbente 140 Kg/MWh
- Sólidos generados 207 Kg/MWh
- Tiempo de const. 4.5 años
- Permite uso de combustibles de alto tiempo de quemado

CENTRALES SUPERCRITICAS DE ALTA TEMPERATURA

Vapor a 750C Eficiencia 60%



CENTRALES SUPERCRITICAS DE ALTA TEMPERATURA

- Con *materiales especiales* se eleva la temperatura de vapor de 540 a 750C
- Presión se hace supercrítica
- Tres etapas de recalentamiento
- Eficiencia del ciclo aumenta de 38% a 60%
- Costos no estimables todavía
- Penetración en mercado 2,010

CAPTURA DE CO2 EN CHIMENEA

- Uso de membranas para separar CO₂.
- Almacenamiento temporal
- Disposición final en fondo del mar
 - A más de 3000 m el CO₂ se vuelve mas denso que el agua de mar
- Disposición en centros de reforestación ???

SITUACION TECNOLOGICA ESPERADA EN MEXICO HASTA EL AÑO 2,020

ESTARA DEFINIDA POR:

- Planes actuales de inversión
- Producción de combustibles en México
- Crecimiento del sector
- Inserción en mercado mundial de nuevas tecnologías y sus precios

PLANES DE EXPANSION DE LA CFE

- Todo el crecimiento de ahora al 2,006 será a base de ciclos combinados con gas
 - Altas eficiencias de generación (50-60%)
 - Bajos costos de inversión (500-800 USD/KW)
 - Tiempos de entrega cortos

FACTORES QUE INCIDIRAN SOBRE LAS TECNOLOGIAS A UTILIZAR

- Incremento de la producción de coque de petróleo.
- Mayor eficiencia en la refinación
- Incremento esperado en el precio del gas
- Mayor uso de hidrocarburos ligeros. Mayor producción de residuos

INDICIOS DE LA PENETRACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS

- Ciclos combinados ya en construcción y operación
- Dos plantas de lecho fluidizado ya en proyecto (Inversionistas privados)
 - Una para coque de petróleo
 - Una para carbón de alta ceniza

DISPONIBILIDAD DE COMBUSTIBLES EN MEXICO

Combustible	1996	2006	2020
Combustóleo (millones de m ³ /año)	25.14	15.46	27.69
Coque de petróleo (millones de ton/año)	0	5.6	12.2
Carbón térmico (millones de ton/año)	6.75	9.06	13.67
Gas Natural (miles de millones de m ³ /año)	43.4	49.5	114.9

EVOLUCION ESPERADA DE LA CAPACIDAD DE GENERACION EN MEXICO

TECNOLOGÍA\AÑO	1996	2006	2020
Térmicas Combustóleo	14,888	6,788	13,400
Térmicas Gas	1,507	6,017	0
Térmicas Carbón	2,600	6,050	10,865
Térmicas con Lecho Fluidizado	0	430	3,910
Ciclo Combinado	1,912	11,933	45,535
Turbogas	1,674	2,424	4,070
Combustión Interna	121	251	695
Nucleoelectricas	1,309	1,309	1,309
Fuentes alternas	10,780	11,694	13,066
TOTAL	34,791	46,896	92,850

EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE ENERGÉTICO

ENERGÉTICO/AÑO	1996	2006	2020
COMBUSTIBLE	15,165	7,065	13,792
GAS NATURAL	3,773	19,054	47,533
CARBÓN	2,600	6,050	10,865
DIESEL	1,164	1,294	2,375
COQUE DE PETRÓLEO	0	430	3,910
SUBTOTAL (COMBUSTIBLE FÓSIL)	22,702	33,893	78,475
AGUA	10034	10694	11,690
URANIO	1309	1309	1,309
VAPOR GEOTÉRMICO	744	944	1,320
VIENTO	2	56	56
TOTAL	34,791	46,896	92,850

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN MÉXICO (TJ/día).

ENERGÉTICO/AÑO	1996	2006	2020
COMBUSTÓLEO	1,968	1,205	1,872
GAS NATURAL	526	2,896	6,609
CARBÓN	466	882	1,596
DIESEL	27	15	32
COQUE DE PETRÓLEO	0	73	530
TOTAL	2,987	5,071	10,639

RECAPITULACION

- Las reservas de combustibles fósiles actuales equivalen al consumo de 120 años
- El carbón es el combustible más abundante
- La Orimulsión es un nuevo recurso que amplía las reservas
- Imperativo mejorar eficiencia para:
 - Conservar recursos
 - Reducir emisiones. Tóxicas y Efecto Invernadero
- No se anticipan cambios radicales de tecnología en los próximos 20 años
- Nuclear y celdas de combustible después del 2030