

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO DE LA RELACION ENERGIA-MEDIO
AMBIENTE CON ESPECIAL ATENCION AL
PROBLEMA DEL SO COMO CONTAMINANTE.**
2

71

FRANCISCO ALFONSO CEPEDA BELMONT

INGENIERO QUIMICO

1974



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.

CLAS. Tesis
ADQ. 1974
FECHA
PROC. Mit. 68



QUIMICA

PAGINA 2

PRESIDENTE Prof. ANTONIO REYES CRUMACERO.

VOCAL Prof. GERARDO BAZAN NAVARRETE.

Jurado asignado
originalmente
según el tema

SECRETARIO Prof. JORGE MENCARINI PENICHE.

1er. SUPLENTE Prof. ALBERTO DE LA FUENTE ZUNO.

2o. SUPLENTE Prof. RAMON AENAUD HUERTA.

Sitio donde se desarrolló el tema: Bibliotecas de la Facultad de
Química y Pemex.

Nombre completo y firma del sustentante: Cepeda Belmont Francisco
Alfonso.

Nombre completo y firma del asesor del tema: I.Q. Gerardo Bazán
Navarrete.

Dedico el presente a las siguientes personas, por quienes tengo un gran afecto:

a mi madre Clara

a mi tío Manuel

Por otra parte he de mencionar con especial estimación al que considero un gran amigo y un magnífico ejemplo, el profesor Don Gerardo Bazán a quien doy mis más expresivas gracias por toda la ayuda y atención que me brindó.

Es importante que cada uno fije su meta pero es mi deseo que las siguientes líneas penetren en el ánimo de cada persona que las lea.

El que conoce a otros, es instruido.

El que se conoce a sí mismo, es sabio.

El que vence a otros, tiene fuerza muscular.

El que se vence a sí mismo, es fuerte.

El que está satisfecho, es rico.

El que no se desequilibra, resiste.

Lao-Tsé.

INDICE POR TEMAS.

| CAPITULO I.- ANTECEDENTES.- | Nº de Página. |
|--|---------------|
| A) La Energía, Su Panorama Mundial | 1 |
| B) Energía, Su Panorama Nacional | 7 |
| CAPITULO II.- INTRODUCCION A LAS NUEVAS FUENTES ENERGETICAS.- | |
| A) Nuevas Fuentes Energéticas | 27 |
| 1) Gasificación del Carbón | 28 |
| 2) Licuefacción del Carbón | 29 |
| 3) MHD | 30 |
| 4) Petróleo de Esquistos y Arenas Asfálticas | 30 |
| 5) Basura | 32 |
| 6) Fermentación | 33 |
| 7) Energía de las Flores y las Algas | 34 |
| 8) Volantes | 35 |
| 9) La Opción Nuclear | 35 |
| El Reactor de Cría | 36 |
| 10) La Opción Geotérmica | 37 |
| 11) Energía Solar | 40 |
| 12) El Viento | 42 |
| 13) Las Mareas | 43 |
| 14) Las Corrientes Oceánicas | 44 |
| 15) Gradientes -- Térmicos | 44 |
| 16) El Hidrógeno | 45 |
| CAPITULO III.- RELACION ENERGIA-MEDIO AMBIENTE, FUENTES DEL SO ₂ , FORMA DE ABATIRLO.- | |
| A) Efecto Energía-Contaminación | 47 |
| B) El Dióxido de Azufre | 49 |
| C) Eliminación del Dióxido de Azufre | 54a |
| D) Breve Descripción de Tres Procesos Existentes | 59 |
| E) Cálculos | 61 |
| CAPITULO IV.- CONCLUSIONES | 67 |
| BIBLIOGRAFIA | |
| ANEXO | 46a |

INDICE DE TABLAS.

| | N° de Página. |
|---|---------------|
| 1) Necesidades de Energía Proyectadas | 11 |
| 2) Estimación de Reservas Probadas Mundiales de Petróleo Crudo | 12 |
| 3) Reservas Estimadas y Producción Mundial de Petróleo Crudo en los Países y zonas más importantes | 13 |
| 4) Producción Mundial de Petróleo Crudo por Zona (1961-1972) | 15 |
| 5) Panoramas Convencionales y Alternativos sobre el Suministro Energético de Europa Occidental | 16 |
| 6) Reservas en U. S. A. de Gas | 17 |
| 7) Recursos Mundiales de Carbón | 18 |
| 8) Potencia Hidroeléctrica Mundial | 19 |
| 9) Crecimiento de los Energéticos | 20 |
| 10) Porcentaje del Consumo de Energéticos por Sectores | 21 |
| 11) Demanda de Hidrocarburos esperada para 1973-1976 | 22 |
| 12) Participación de los Hidrocarburos en 1972 | 23 |
| 13) Producción Estimada de Crudo, Líquidos del Gas y Gas Seco; Crudo y Líquidos del Gas necesarios para satisfacer la Demanda Nacional de Hidrocarburos | 24 |
| 14) Déficit de Producción de Líquidos para satisfacer la Demanda de Hidrocarburos; Capacidad de Refinación Instalada | 25 |
| 15) Generación de Electricidad; Generación de Electricidad por Fuente | 26 |
| 16) Energéticos Actuales y su Influencia en el Medio Ambiente | 47 |
| 17) Fuentes del SO ₂ | 50 |
| 18) Emisiones Contaminantes del Aire E. U. A. 1970 | 51 |

| | |
|---|----|
| 19) Composición del Aire Natural | 52 |
| 20) Principales fuentes de Contaminantes del aire, Patógenos de la Vegetación. | 53 |
| 21) Pronóstico de las Razones de Contaminantes Emitidos a la Atmósfera | 54 |

C A P I T U L O I

A N T E C E D E N T E S .

LA ENERGÍA, SU PA. ORAMA MUNDIAL.

La energía en los inicios de la vida primitiva desempeñó un papel importante, su primer impacto lo constituyó el descubrimiento del fuego, primera manifestación de ella, que el hombre primitivo aprovechó para defenderse del frío, luego lo usa en el cocimiento de sus alimentos y la tendencia clara de todos éstos avances se encamina a la obtención cada vez mayor de logros que le proporcionarán comodidad y bienestar.

El hombre único en habilidad transformativa del medio en que vive, descubre la domesticación de los animales para multiplicar su capacidad de trabajo; sólo posee su habilidad para cultivar, irrigar y sobrevivir. Así su progreso continúa, el agua es aprovechada para la irrigación por declive, aparece la rueda hidráulica horizontal un siglo A.C. con una potencia reducida pero que en el siglo IV se modifica con la rueda hidráulica vertical de mayor potencia (2 Kilo-Watt), que no sólo constituyó un avance en las faenas de molienda sino que en el siglo XVI desencadena la Industrialización de la Europa Occidental.

El molino de viento llega a alcanzar hasta 12 Kwatt de potencia, se desarrolló en Europa en el siglo XII y se utilizaba para la molienda, en la elevación de materiales de las minas y en el bombeo del agua. En el siglo XVII el vapor se usa con efectividad; la primera bomba de vapor la inventa Tomás Savery, con una potencia de 3/4 de Kwatt, más la ingeniería del siglo XVIII incorpora los pistones a las máquinas de vapor para que sean una fuente potencial de varios Kwatts que fueran capaces de extraer el agua que surgía de las minas de carbón, viendo la conveniencia de incorporarla a la industria en el siglo XIX, donde es su base en la rama manufacturera.

Gracias al crecimiento de instrumentos de conversión de energía, la elevación de los transportes, las innovaciones tecnológicas, etc., se acelera el consumo de energía provocando por ende la elevación de la ciencia y la cultura.

Al expandirse el campo energético las dificultades a enfrentar se multiplican, y vemos que existen tres tipos de

- ellas: las económicas, las sociales y las ambientales.

Todo sistema energético lo constituye un complejo de actividades que deben estar coordinadas y relacionadas; ellas son: las fuentes de combustible, la distribución (en oleoductos, vagones, tanques, cadenas eléctricas, etc.) y los usos de la energía.

Los energéticos provienen de los combustibles fósiles, la potencia nuclear y los sistemas futuristas. Unos deben conservarse mientras que otros se desarrollan tecnológicamente. Aquellos que deben conservarse (los combustibles fósiles) deberán usarse en forma prudente, quizá por modificaciones de vida, en su transportación, etc., pero en esencia no sólo existe el problema de la futura escasez, sino de la presente y futura contaminación ambiental; ambos problemas ocasionan una influencia total sobre la actitud socio-política del mundo.

En los Estados Unidos de América el aspecto del mejoramiento ambiental es de vital importancia, se habla de obtener ante todo un medio ambiente deseable para el hombre, pero se relaciona el suministro energético con el aire ambiental, por tal motivo se constriñe el uso del carbón, que retrasa la entrada al mercado mundial de los energéticos de la potencia nuclear, y que en Alaska como en la Costa Californiana retrasa el desarrollo del petróleo doméstico. En E. U. A. se dice que en 1974-76, la demanda petrolera será artificialmente restringida pues el suministro de productos del petróleo no será amplio y las restricciones ambientales tendrán que ser temporalmente aplazadas.

El Medio Ambiente constituye una preocupación, por lo cual se investigan estándares que puedan protegerlo; las emisiones del aire son "vigiladas", imponiendo a las refinerías especificaciones en el contenido de compuestos de azufre para los combustibles. El pueblo debe tener la seguridad del suministro de los energéticos, pero el aire contaminado por una diversidad de fuentes que en su totalidad no son únicamente atribuibles a la energía, es también la grave restricción presente y la amenaza a la población mundial.

Los efluentes de contaminación se producen :

1º) Por energía consumida para propósitos residenciales, transportación, manufactura, conversión a electricidad y otras formas.

2º) La disipación del calor por motivos secundarios como: incendios, explosiones, accidentes, etc.

No hay duda de que la principal fuente de contaminación es el uso del petróleo para los vehículos de motor.

Urge entonces una planeación de la energía, primero para obtener una disponibilidad de combustible restrictiva pero adecuada, y respetar el criterio de protección ambiental.

Los combustibles fósiles presentan un panorama general que es como sigue:

Carbón.- es abundante pero su contenido de azufre provoca altos costos de investigación y seguridad, actualmente su demanda aumenta y los estudios de planta piloto para su purificación están en avance.

Petróleo.- el lento desarrollo de las reservas existentes lo hace insuficiente, debe ser purificado del azufre contenido, y el petróleo que no contiene azufre se halla en pequeñas cantidades; la purificación es costosa, primero por combustión y segundo por plantas almacenadoras. Existen dificultades de impacto ecológico de las líneas de los oleoductos.

Gas Natural.- es el menos contaminante de los fósiles, su transmisión y distribución son fáciles, así como simple el equipo utilizado para su combustión, todo depende de la reserva de cada país, particularmente en E. U. A. es limitado para el futuro, pues políticamente es una reserva insuficiente.

Los combustibles fósiles son dos veces la demanda acumulativa para el año 2000. Las formas de vida modificarán el uso de la energía, un racionamiento podría administrar los combustibles fósiles que existen, así como el equilibrio poblacional dará un equilibrio de la necesidad energética, quizá eventual. Los países menos desarrollados sufrirán mucho más para mantener un mínimo de subsistencia que los muy desarrollados.

Existe la potencia nuclear, que no tiene problemas de contaminación pero sus altos costos de comercialización retardan su desarrollo, la fuente solar es un prospecto aunque tecnológicamente no esté resuelto; si una pequeña área terrestre absorbiera la radiación solar, aliviaría las necesidades energéticas del año 2000. El interés económico para explotarla no existe por diversos motivos:

- 1ª Inversiones altas.
- 2ª Costos de los sistemas de conversión de energía.
- 3ª Costo de los servicios de almacenaje.

Todo ello la convierte en una "solución" a largo plazo para la potencia nuclear.

La potencia termonuclear involucra fenómenos aún no comprensibles, su ingeniería aún no está perfeccionada y aunque es una fuente ilimitada de energía, sobre ella existe una gran incertidumbre.

La utilización de la energía depende de la planeación que se dé a futuro pero tomando en consideración factores controlantes que involucran:

- a) Las decisiones voluntarias e individuales.
- b) Las acciones Gubernamentales.

Las segundas siempre influyen y limitan las primeras.

Se dice que las soluciones futuras son de una naturaleza más sociológica que técnica. Vemos claramente que los parámetros de control de los sistemas energéticos son a corto plazo pero a su vez a largo. El Mundo necesita grandes cantidades de energía a bajo costo en forma útil; el cambio mundial se manifiesta por el uso de combustible líquido declinando el del sólido. Los mercados de energía más avanzados como son E. U. A., Europa, Japón y la URSS deben atender éstos cambios en la forma de conducción de sus negocios y en el tipo de gente que resuelva otros desafíos futuros.

En lo internacional hay y debe haber cambios que tiendan a una coordinación, tal vez un eficiente racionamiento de las fuentes naturales de energía, y una demanda y suministro equilibrados de la misma. El racionamiento se deberá a fuerzas de naturaleza económica y a políticas de control gubernamental. Las áreas de

demanda y suministro se guiarán por consideraciones políticas y de seguridad nacional, ellas son las de mayor consumo y mayor desarrollo económico; entra en acción el intercambio de energía entre los mercados de ésta y las áreas de producción, entran los intereses multinacionales abarcando el flujo de -- fondos y la política monetaria.

De todas formas cualquier proyección energética debe utilizar parámetros de planeación; la superficie terrestre es algo fijo, en tanto las incógnitas a resolver a futuro son:

- a) El número de gente.
- b) Las necesidades de energía.
- c) Las fuentes energéticas que estarán disponibles.

Las proyecciones simples suponen la continuación de -- pasadas tendencias para el futuro. Las proyecciones para la -- demanda de energía en Europa, URSS, Japón y USA. en millones de toneladas métricas de carbón equivalente (tce) se muestran en la tabla 1. Las proyecciones dependen de factores ambientales que influyen en el cambio de los ciclos de la vida energética, así también el avance tecnológico cambia los factores -- socio-políticos o económicos, y puntualizan el Suministro futuro y las tendencias de demanda.

Existe un dramático desarrollo del uso del petróleo líquido, en la pasada década el gas entra en período de explotación; la etapa de declinación en la vida energética está influida por la producción local y la expansión de la importación a partir de fuentes externas.

La superficie terrestre es de 148 millones de Km² donde viven 3.5 miles de millones de gente aproximadamente, o sea un promedio de 23 gentes/Km²; pero la distribución de recursos naturales y humanos no es uniforme. El 94 % habita el 23.5 % de la tierra (USA, Europa, URSS y Japón). La gente con estándares de vida más alto (Europa Occidental y USA.) están en un 7.6 % de la superficie terrestre y son un 13 % de la población mundial. El consumo de energía en 1968 fué de 6,406 millones de tce. o sea 1 804 Kg. por persona, de ello fué proporcionado:

- El 37 % por Combustible Sólido.
- 40 % por Combustible Líquido.
- 20 % por Gas.
- 3 % por Electricidad Hidro-Nuclear.

El consumo de energía ha sido 2.4 veces mayor que en 1951, por persona se ha elevado un 68 %, desde 1070 a 1804 Kg. De los 6 406 millones de tce., 5 990 millones de tce. se consumieron en USA., Europa, Japón y la URSS., o sea el 27 % de la población mundial consumió el 94 % de la energía mundial.

Para completar el panorama en el Mundo, se presentan a continuación tablas de datos con la siguiente información:

Las tablas 2, 3 y 4 muestran las reservas probadas y estimadas de petróleo crudo, así como sus zonas, países y regiones principales de producción. La tabla 5 muestra las posibles alternativas energéticas que en Europa Occidental se presentan entre el período de 1971-1985. Las reservas de USA. en cuanto a gas las muestra la tabla 6. Las cifras de los recursos del carbón en el mundo, por cada región se encuentran en la tabla 7. La potencia hidroeléctrica, por región en orden de importancia, tomando en consideración el porcentaje respecto a un total de 3 trillones de watts se vé en la tabla 8, así también los watts consumidos por persona que provinieron del potencial hidro-eléctrico en 1972, en algunos países.

ENERGIA, SU PANORAMA NACIONAL.

En México la crisis energética se hace sentir en la misma forma que en el resto del mundo. Se presentan dificultades para la importación de energéticos, ya que su demanda por parte de los países más industrializados constituye una poderosa competencia. México posee numerosos recursos tales como el petróleo y el gas, que no son renovables; como país mundialmente petrolero se inicia en 1901 en que se realiza su primera producción comercial. Entre 1915-1924 se le considera de los productores más importantes del mundo; en el período de 1901 a 1972 se han producido aproximadamente 3 mil millones de barriles de petróleo crudo, condensado y líquidos de absorción.

Los energéticos primarios en orden creciente de importancia son:

- 1) Hidrocarburos.
- 2) Fuerza Hidráulica (que genera electricidad).
- 3) Carbón.
- 4) Minerales Fisionables.
- 5) La Geotérmica.

Siendo los tres primeros el sostén energético de la Nación.

La tabla 9 muestra el crecimiento energético del período 1950-1972 y la fuente de la que proviene. Los datos dicen que de la oferta energética total el 91 % fué en 1972, acaparada por los Hidrocarburos, lo vemos en la tabla 12; las estimaciones en la demanda de hidrocarburos hasta 1976 son proporcionadas en la tabla 11.

Es importante observar como la industria del país, consume un 50 % de los energéticos nacionales, en la tabla 10 tenemos lo antes dicho así como las contribuciones de otros sectores; particularmente la Industria consume lo siguiente:

- a) Combustóleo.
- b) Gas Natural.
- c) Hidro-electricidad.
- d) Carbón (como coque para la siderurgia).

El crecimiento de éste consumo entre 1960-1970 fué de un 7.8 % como promedio anual; mientras que por otro lado el sector del transporte

consume el 90 % del total de gasolinas y diesel. Actualmente existe un problema que perjudica el mercado de las gasolinas, pues son reemplazadas por el gas licuado que tiene una producción deficitaria siendo su precio de importación mayor que el precio de venta en el mercado nacional. La aviación hace uso de gas aviones y turbosinas cuyo consumo crece el 6.6 % anualmente. En tanto el sector Doméstico utiliza electricidad, gas licuado y querosina refinada, creciendo su tasa de consumo media anual un 7.24 %; la del sector Agrícola - crece 3.7 % anualmente, y en éste sector se consume electricidad, querosinas industriales (tractogas y tractomex) y en una menor proporción el diesel.

Volviendo al problema del consumo de hidrocarburos, vemos que su demanda se comporta como una curva exponencial, ésto sucede para cada combustible comercial teniendo variaciones según los cambios tecnológicos que se presenten. Los Hidrocarburos poseen tasas de crecimiento anuales en sus demandas (entre el período 1973-1976) como siguen:

- 10.7 % para los líquidos.
- 6.5 % para el gas natural.
- 9.7 % para el total.

Todo cálculo para el crudo, líquidos del gas y gas seco, que muestra la tabla 13, se hicieron en base a los presupuestos de inversión, debiéndose satisfacer las demandas del mercado nacional con dicha producción de crudo y líquidos del gas. Para las necesidades del país es insuficiente la producción interna de líquidos hidrocarburos, lo cual muestran los datos de la tabla 14; el déficit se pretende cubrir cuando rindan fruto las perforaciones de 40 pozos en Chiapas en las regiones denominadas "Sitio Grande" y "Cactus".

Se realizan más perforaciones para alterar toda predicción, es decir, se explora y se desarrolla con el fin de obtener nuevos volúmenes que alivien el déficit existente. Se busca incansablemente gas en la costa de Tamaulipas; crudo en los Estados de Veracruz, Tabasco Campeche, Sinaloa y la Península de Baja California. La tabla 14 da también la Capacidad de Refinación pero dando por hecho que para 1975 funcionará la Refinería de Tula Hidalgo; por ello también se proyecta en 1977 concluir una refinería similar a la de Tula.

Todo problema en la satisfacción de la demanda nacional de energéticos debe solucionarse con el desarrollo de las fuentes energéticas y de las soluciones alternativas, en México éstas son la gene-

-ración hidráulica y la geotérmica de electricidad. También existe el recurso de usar el uranio, nuevo en estudio, como una alternativa a futuro de generación eléctrica.

Se han descubierto mantos carboníferos, y se prolifera la explotación y explotación de éstos; el consumo industrial deriva residuos que en lugar de ser desechados, deben convertirse en productos otra vez útiles.

Toda educación encaminada al uso alternativo de los energéticos según se hallen disponibles es de vital importancia para los consumidores, ejemplificando éste hecho, el sector eléctrico e industrial en la zona norte hace uso alternativo de gas y combustóleo. Pemex realiza exploraciones en busca de hidrocarburos y hasta ahora las ha realizado en una décima parte de las extensas áreas que poseen características geológicas para almacenarlos, contando también que pudieran hallarse en las Plataformas continentales de los litorales nacionales.

Cualquier energético en su producción e importación es controlado por el Estado, que se propone implantar políticas económicas convenientes. La electricidad es indispensable, su producción se planea en forma decenal, así tenemos que:

| Origen de la Generación. | | |
|--------------------------|------|---|
| en 1972 | 45 % | Hidroeléctrica. |
| | 55 % | Termoeléctrica (a base de hidrocarburos). |
| en 1976 | 35 % | Hidroeléctrica. |
| | 65 % | Termoeléctrica (a base de hidrocarburos). |
| | 2 % | Geotérmica. |

La tabla 15 completa éste panorama hasta 1981. Es evidente que la Industria Eléctrica descansa sobre la Industria del Petróleo. Se dice que en 1976 la demanda máxima de potencia será de 10 millones de KW y para 1980 de 16 millones de KW. La siguiente tabla dá la capacidad de plantas hidroeléctricas, las que están en proceso de construcción y la adicional por programa de 1973-1981.

| CAPACIDAD | KW. |
|-----------------|-----------|
| Actual | 3 260 000 |
| En Construcción | 1 315 000 |
| Adicional | 2 400 000 |

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-Septiembre 1973.

El país cuenta con posibilidades hidroeléctricas de 12 millones de KW. El problema de la industria eléctrica es la mala distribución de las plantas, cuya repartición en el territorio nacional fué hecha por las empresas extranjeras que antes las manejaban y que sólo vigilaban sus intereses; ahora se pretende darle auge a las plantas hidroeléctricas que gastan menos combustible que las termoeléctricas, en 1981 se calcula que la generación termoeléctrica será de 64 000 millones de KWH; es por ello que se estudia la posibilidad de usar el carbón como combustible, sustituyendo a los hidrocarburos. Otra alternativa son las plantas geotérmicas, la primera de las cuales se instaló en Baja California generando 37 500 KW.

Por otra parte en México como en el resto del mundo el estudio de la energía nuclear es ya un hecho, existe Laguna Verde la primera planta nucleoelectrica que generará 600 MW (1 MW = 1000 KW), para la producción futura de electricidad en todo el mundo se utilizará la energía nuclear, que en el año 2000 duplicará todas las formas de energía conocidas. México posee reservas por valor de 2000 toneladas de Oxido de uranio de primera clase.

TABLA # 1.
NECESIDADES DE ENERGIA PROYECTADAS
(MILLONES DE TONELADAS METRICAS DE
CARBON EQUIVALENTE-- MMTCE).

| | 1980 | 2000 |
|----------------------------------|--------------|---------------|
| Mundial | | |
| Combustible Sólido | 3,000 | 4,600 |
| Combustible Líquido | 4,000 | 7,600 |
| Gas Natural | 1,800 | 3,800 |
| Hidro-Nuclear | 1,000 | 2,800 |
| Total | 9,800 | 18,800 |
| Estados Unidos de América | | |
| Combustible Sólido | 700 | 900 |
| Combustible Líquido | 1,200 | 1,900 |
| Gas-Hidro-Nuclear | 1,200 | 2,100 |
| Total | 3,100 | 4,900 |
| Europa Occidental | | |
| Combustible Sólido | 310 | 200 |
| Combustible Líquido | 1,220 | 2,170 |
| Gas Natural | 270 | 560 |
| Hidro-Nuclear | 100 | 220 |
| Total | 1,900 | 3,150 |
| Europa Oriental | 2,400 | 3,400 |
| URSS | 2,900 | 4,400 |
| Japón | 1,300 | 2,000 |

Fuente: Hydrocarbon Processing. (Julio, 1973).

TABLA # 2.

ESTIMACION DE RESERVAS PROBADAS
MUNDIALES DE PETROLEO
CRUDO.

(MILLONES DE BARRILES).

| ZONAS | TOTAL DE RESERVAS 1972. | % DE RESERVAS. |
|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| América del Norte | 62 238 | 9.1 |
| América del Sur | 31 185 | 4.6 |
| Europa Occidental | 12 300 | 1.8 |
| Bloque Socialista | 76 651 | 11.3 |
| África | 104 510 | 15.3 |
| Medio Oriente | 358 210 | 52.6 |
| Extremo Oriente y Oceanía | 36 492 | 5.3 |
| | <hr/> 681 586 | <hr/> 100.0 |

Fuente: World Petroleum Report.

TABLA # 3.

RESERVAS ESTIMADAS Y PRODUCCION MUNDIAL DE PETROLEO
CRUDO EN LOS PAISES Y ZONAS MAS IMPORTANTES.

1 9 7 2 .

(MILES DE BARRILES).

| País | Reservas Estimadas | % Total de Reservas. | Producción de Petróleo crudo. |
|--|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Arabia Saudita | 145 000 000 | 21.27 | 2 036 883 |
| Argelia | 47 000 000 | 6.90 | 290 732 |
| Argentina | 4 900 000 | 0.72 | 159 085 |
| Canadá | 11 000 000 | 1.61 | 544 562 |
| Costa Trucial (Omán y Abu-Dha- bi) | 26 000 000 | 3.81 | 459 453 |
| Rep. Popular China | 19 500 000 | 2.87 | 216 968 |
| Estados Unidos | 48 000 000 | 7.04 | 3 468 791 |
| Ecuador | 6 000 000 | 0.88 | 9 875 |
| Indonesia | 12 000 000 | 1.77 | 390 132 |
| Irán | 65 000 000 | 9.54 | 1 838 451 |
| Irak | 29 000 000 | 4.25 | 501 649 |
| Kuwait | 65 000 000 | 9.54 | 1 099 792 |
| Libia | 30 400 000 | 4.46 | 820 000 |
| México | 3 237 400 | 0.47 | 161 367 |
| Nigeria | 14 000 000 | 2.05 | 651 718 |
| Katar | 7 000 000 | 1.03 | 163 305 |
| URSS | 75 000 000 | 11.00 | 2 876 200 |
| Venezuela | 13 700 000 | 2.00 | 1 172 356 |
| Zona Neutral | 16 000 000 | 2.36 | 311 686 |
| Resto del Mundo | 43 848 600 | 6.43 | 971 911 |
| Total Mundial | 681 586 000 | 100.00 | 18 144 916 |

Sigue en la página
posterior

Continuación de la tabla # 3.

| País | % de Producción Total. | Relación Reservas/Producción. |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Arabia Saudita | 11.23 | 71.19 |
| Argelia | 1.60 | 161.66 |
| Argentina | 0.88 | 30.80 |
| Canadá | 3.00 | 20.20 |
| Costa Trucial (Omán y Abu-Dhabi) | 2.53 | 56.59 |
| Rep. Popular China | 1.20 | 89.88 |
| Estados Unidos | 19.11 | 13.84 |
| Ecuador | 0.05 | 60.76 |
| Indonesia | 2.15 | 30.76 |
| Irán | 10.13 | 35.36 |
| Irak | 2.76 | 57.81 |
| Kuwait | 6.06 | 59.10 |
| Libia | 4.52 | 37.07 |
| México | 0.89 | 20.06 |
| Nigeria | 3.59 | 21.48 |
| Katar | 0.91 | 42.86 |
| URSS | 15.85 | 26.08 |
| Venezuela | 6.46 | 11.69 |
| Zona Neutral | 1.72 | 51.33 |
| Resto del Mundo | 5.36 | 45.12 |
| Total Mundial | 100.00 | 37.56 |

Fuente: Twentieth Century Petroleum Statistics.
Petróleos Mexicanos
World Petroleum Report.

TABLA # 4
 PRODUCCION MUNDIAL DE PETROLEO CRUDO POR
 ZONA.
 MILES DE BARRILES.
 1961-1972.

| Año | AFRICA. | ASIA MEDIO Y EXTREMO ORIENTE. | EUROPA (INCL. URSS). |
|------|-----------|----------------------------------|-------------------------|
| 1961 | 178 620 | 2 303 569 | 1 433 681 |
| 1962 | 293 384 | 2 526 029 | 1 592 034 |
| 1963 | 432 951 | 2 762 468 | 1 748 036 |
| 1964 | 623 612 | 3 075 188 | 1 901 923 |
| 1965 | 811 754 | 3 372 936 | 2 050 492 |
| 1966 | 1 029 674 | 3 760 925 | 2 212 642 |
| 1967 | 1 137 619 | 4 063 172 | 2 361 678 |
| 1968 | 1 444 704 | 4 513 594 | 2 520 106 |
| 1969 | 1 849 303 | 5 272 483 | 2 663 404 |
| 1970 | 2 201 408 | 5 686 385 | 2 903 076 |
| 1971 | 2 192 500 | 6 534 249 | 2 848 515 |
| 1972 | 1 999 076 | 7 410 037 | 2 976 713 |

| Año | AMERICA DEL NORTE | AMERICA DEL SUR | TOTAL MUNDIAL |
|------|-------------------|-----------------|---------------|
| 1961 | 2 949 483 | 1 318 546 | 8 183 899 |
| 1962 | 3 438 568 | 1 438 568 | 8 882 263 |
| 1963 | 3 126 097 | 1 468 010 | 9 537 562 |
| 1964 | 3 177 288 | 1 530 681 | 10 308 692 |
| 1965 | 3 259 045 | 1 564 240 | 11 058 467 |
| 1966 | 3 469 639 | 1 548 946 | 12 021 826 |
| 1967 | 3 700 828 | 1 649 974 | 12 913 271 |
| 1968 | 3 849 608 | 1 692 104 | 14 020 116 |
| 1969 | 3 915 011 | 1 692 927 | 15 393 188 |
| 1970 | 4 133 127 | 1 731 552 | 16 662 542 |
| 1971 | 4 153 949 | 1 764 062 | 17 493 275 |
| 1972 | 4 174 719 | 1 576 958 | 18 144 916 |

Fuente: Twentieth Century Petroleum Statistics.
 World Oil
 Petróleos Mexicanos.

TABLA # 5.

PAORAMAS CONVENCIONALES Y ALTERNATIVOS SOBRE
EL SUMINISTRO ENERGETICO DE
EUROPA OCCIDENTAL.
(1971-1985).

| | 1971 | | Cálculos 1975 | | | | | |
|--------------|--------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|-------------|-----|
| | Consumo | | Convencional | | Alternativo | | | |
| | (mtce*) | (%) | (mtce*) | (%) | (mtce*) | (%) | | |
| Total | 1475 | 100 | 1700 | 100 | 1750 | 100 | | |
| Natural | 545 | 37 | 580 | 34 | 760 | 43 | | |
| Eléctrico | | | | | | | | |
| Primario | 40 | 3 | 75 | 4 | 55 | 3 | | |
| Carbón, etc. | 385 | 26 | 315 | 19 | 250 | 14 | | |
| Petróleo | 25 | 2 | 40 | 2 | 100 | 6 | | |
| Gas | 95 | 6 | 150 | 9 | 355 | 20 | | |
| Importado | 930 | 63 | 1120 | 66 | 990 | 57 | | |
| Carbón | 45 | 3 | 55 | 3 | 60 | 3 | | |
| Petróleo | 880 | 60 | 1050 | 62 | 880 | 50 | | |
| Gas | 5 | - | 15 | 1 | 60 | 4 | | |
| | | | Cálculos 1980 | | Cálculos 1985 | | | |
| | Convencional | | Alternativo | | Convencional | | Alternativo | |
| | (mtce*) | (%) | (mtce*) | (%) | (mtce*) | (%) | (mtce*) | (%) |
| Total | 2250 | 100 | 2300 | 100 | 2750 | 100 | 2850 | 100 |
| Natural | 680 | 31 | 1350 | 60 | 1045 | 38 | 1825 | 65 |
| Eléctrico | | | | | | | | |
| Primario | 210 | 10 | 150 | 7 | 330 | 12 | 340 | 12 |
| Carbón, etc. | 205 | 9 | 200 | 9 | 220 | 8 | 200 | 8 |
| Petróleo | 50 | 2 | 500 | 22 | 195 | 7 | 660 | 23 |
| Gas | 215 | 10 | 500 | 22 | 300 | 11 | 625 | 22 |
| Importado | 1570 | 69 | 950 | 40 | 1705 | 62 | 1025 | 35 |
| Carbón | 75 | 3 | 50 | 2 | 90 | 3 | 60 | 2 |
| Petróleo | 1450 | 64 | 775 | 33 | 1530 | 56 | 715 | 24 |
| Gas | 50 | 2 | 125 | 5 | 85 | 3 | 250 | 9 |

*millones de toneladas métricas equivalentes de carbón.

Fuente: Energy Policy, Junio 1973.

TABLA # 6.
RESERVAS EN E. U. A. DE GAS
(Trillones^o de pies
cúbicos).

| | |
|--|-------------|
| Academia Nacional de Ciencias | 1000 |
| Organización de Gas Comercial (Comité de Gas Potencial) | 1290 |
| Hendricks* | 2000 |
| | <hr/> <hr/> |
| Total | 4290 |

*T. A. Hendricks, Washington, D. C. Government
Printing Office, 1965

Fuente: "The Energy Crisis". Lawrence Rocks &
Richard P. Runyon.

° Trillones de E. U. A. = billones mexicanos.

TABLA # 7.
RECURSOS MUNDIALES DEL CARBON.
(X 10⁹ Toneladas Métricas.)

| REGION | |
|--|-------------|
| Asia (no incluyendo URSS) | 681 |
| URSS (incluyendo parte de Europa) | 4 310 |
| América del Norte (no incluyendo USA.) | 601 |
| Estados Unidos | 1 486 |
| Europa Occidental | 377 |
| América del Sur y Central | 14 |
| Oceania (incluyendo Australia) | 59 |
| Africa | 109 |
| | <hr/> <hr/> |
| Total | 7 637 |

.....

| REGION | % del total calculado del carbón (7.6 trillones de toneladas métricas). |
|-----------------|---|
| URSS | 56.5 |
| USA | 19.5 |
| Asia | 9.5 |
| Canadá | 7.8 |
| Europa | 5.0 |
| Africa | 1.3 |
| América del Sur | 0.3 |
| | <hr/> <hr/> |
| Total | 99.9 |

Fuente: Scientific American, Septiembre, 1971

TABLA # 8.
POTENCIA HIDROELECTRICA.

| REGION | % Del Potencial Total (3 trillones de watts.) ^o |
|-------------------|---|
| Africa | 28 |
| América del Sur | 20 |
| URSS y China | 17 |
| Asia Sudoriental | 16 |
| América del Norte | 11 |
| Europa Occidental | 6 |
| Australasia | 1 |
| Lejano Oriente | 1 |
| Medio Oriente | despreciable |

.....

| PAIS | Watts por persona prove- nientes del potencial Hidro-eléctrico. |
|---------|---|
| Noruega | 13 000 |
| Africa | 4 000 |
| URSS. | 2 200 |
| Canadá | 1 300 |
| USA. | 800 |

Fuente: "The Energy Crisis", Lawrence Rocks &
Richard P. Runyon.

^o Trillones de E. U. A. = billones en México.

TABLA # 9.
CRECIMIENTO DE LOS ENERGETICOS
(En Millones de millones de
kcal.).

| | 1950 | 1972 | Variación. |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Hidrocarburos | 96.8 | 378.1 | 396 % |
| Electricidad ge- nerada hidráulica- mente. | 6.9 | 51.4 | 745 % |
| Carbón Mineral (incluyendo coque por la Industria Siderúrgica) | 5.3 | 22.4 | 423 % |
| Total: | 109.0 | 451.9 | 414 % |

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo
Agosto-Septiembre de 1973.

TABLA # 10.
% CONSUMO DE ENERGETICOS POR SECTORES.

| | 1960 | 1970 |
|--|--------------|--------------|
| Industria | 41.4 | 50.8 |
| Transportes | 29.0 | 27.5 |
| Uso Doméstico | 9.6 | 8.9 |
| Uso Agrícola | 2.1 | 1.6 |
| Las Exportaciones | 10.1 | 4.6 |
| Otros Sectores | 3.6 | 4.4 |
| Pérdidas por Procesos de Producción, Trans- portación, Transforma- ción, Distribución.. | 4.2 | 2.2 |
| | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> |

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo
Agosto-Septiembre de 1973.

TABLA # 11.
DEMANDA DE HIDROCARBUROS ESPERADA PARA
EL PERIODO 1973-1976.
(Miles de Barriles por día.)

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | % con respec- to a 1973. |
|---------------------------------|-------|-------|-------|--------|-----------------------------|
| Gas Licuado | 53.6 | 59.0 | 64.9 | 71.4 | 133 |
| Gasolina | 199.7 | 219.3 | 240.2 | 263.5 | 102 |
| Destilados Intermedios | 169.8 | 185.1 | 201.7 | 220.0 | 130 |
| Residuales | 153.3 | 153.1 | 184.3 | 232.9 | 152 |
| Otros ¹ | 21.6 | 22.9 | 24.8 | 26.9 | 125 |
| Total de Líquidos | 598.0 | 639.4 | 715.9 | 814.7 | 136 |
| Gas Natural (eac ²) | 213.1 | 251.6 | 255.0 | 257.1 | 121 |
| Gran Total: | 811.1 | 891.0 | 970.9 | 1071.8 | 132 |

* eac- Eq. a combustóleo

(1) Lubricantes parafinas, grasas e insumos petroquímicos.

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-Septiembre 1973.

TABLA # 12.
PARTICIPACION DE LOS HIDROCARBUROS
EN 1972.
(Billones* de Kilo-Calorías).

| | Aportación | % del Total. |
|------------------|------------|--------------|
| Gas Natural Seco | 97.4 | 26 |
| Combustóleo | 82.8 | 22 |
| Gasolinas | 82.8 | 22 |
| Diesel | 54.2 | 14 |
| Gas Licuado | 24.5 | 7 |

* Billones en México (millón de millones).

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-Septiembre 1973.

TABLA # 13.

PRODUCCION ESTIMADA PARA CRUDO, LIQUIDOS
DEL GAS Y GAS SECO APROVECHABLE
(Miles de Barriles por día).

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | % con respecto a 1973. |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| Líquidos del Gas | 82.7 | 90.5 | 90.0 | 89.4 | 2.63 |
| Crudo | 506.0 | 550.6 | 596.0 | 629.0 | 7.48 |
| Total de Líquidos. | 589.3 | 641.1 | 686.0 | 718.4 | 6.82 |
| Gas Natural (eac) | 213.1 | 251.6 | 255.0 | 257.1 | 6.46 |
| Gran Total | 802.4 | 892.7 | 941.0 | 975.5 | 6.73 |

CRUDO Y LIQUIDOS DEL GAS NECESARIOS
PARA SATISFACER LA DEMANDA NACIONAL DE HIDROCARBUROS.
(Con excepción del Gas Licuado).
(Miles de Barriles por día.)

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Líquidos del Gas | 96.3 | 96.1 | 96.1 | 96.1 |
| Crudo | 560.3 | 577.7 | 651.7 | 745.0 |
| Total | 656.6 | 673.8 | 747.8 | 841.1 |

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-Sept. 1973.

TABLA # 14 .

DEFICIT DE PRODUCCION DE LIQUIDOS
PARA SATISFACER LA DE-
MANDA DE HIDROCARBUROS.
(Miles de Barriles por día).

| PRODUCCION | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Necesaria | 656.4 | 673.8 | 747.8 | 841.1 |
| Esperada | <u>589.3</u> | <u>641.1</u> | <u>686.0</u> | <u>718.4</u> |
| Déficit | 67.1 | 32.7 | 61.8 | 122.7 |

Nota: Sin tomar en cuenta la producción de Chiapas de "Sitio Grande" y "Cactus".

.....

CAPACIDAD DE REFINACION INSTALADA
DE ACUERDO CON LOS PROGRAMAS DE
INVERSION Y CRUDO QUE DEBE SER
PROCESADO PARA SATISFACER LAS
DEMANDAS DE PRODUCTOS.
(Miles de Barriles por día).

| | 1973 | 1974 | 1975 ¹ | 1976 |
|----------------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| Capacidad Instalada. | 639.9 | 639.9 | 639.9-778.4 | 778.4 |
| Proceso Necesario | <u>580.3</u> | <u>577.7</u> | <u>651.7</u> | <u>745.0</u> |
| Excedente (Déficit) | 79.6 | 62.2 | (21.8)-126.7 | 33.4 |

(1) Durante 1975 debe concluirse la Refinería de Tula.

TABLA # 15.
GENERACION DE ELECTRICIDAD.
(GWH)*

| | |
|------|--------|
| 1972 | 32 000 |
| 1976 | 52 000 |
| 1978 | 64 500 |
| 1981 | 90 000 |

* 1 GWH = 1 Millón de KWH.

GENERACION DE ELECTRICIDAD POR
FUENTE:
(%)

| | | | | |
|-----------------|------|------|-------|-------|
| | 1972 | 1976 | 1978 | 1981 |
| Hydroeléctrica | 45 | 33 | 25 | 24.8 |
| Termoeléctrica | 55 | 65 | 55.7 | 51.8 |
| Geotérmica | -- | 2.0 | 2.3 | 2.7 |
| Carbón Mineral | -- | -- | 8.1 | 6.1 |
| Energía Nuclear | -- | -- | 8.7 | 11.0 |
| Otros | -- | -- | 0.2 | 3.6 |
| Total | 100 | 100 | 100.0 | 100.0 |

Fuente: Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-
Septiembre, 1973.

CAPITULO II

INTRODUCCION A LAS NUEVAS

FUENTES ENERGETICAS.

NUEVAS FUENTES ENERGÉTICAS.

El esbozo del panorama mundial y nacional en cuanto a los energéticos, ya menciona los esfuerzos encaminados para solucionar la crisis actual. La base energética de las próximas dos décadas será el carbón, que en los Estados Unidos proporciona el 17.2 % de su energía total; pero tal fuente se considera ilusoria ya que apenas cubre sus actuales compromisos.

La búsqueda de fuentes alternativas energéticas que no causen deterioro del medio ambiente, está cada vez más avanzada, así por ejemplo, el Japón destina una proporción mayor de su Producto Nacional Bruto para la investigación y desarrollo de combustibles no fósiles que los Estados Unidos y Europa, claro está que Japón es un país en donde existe poco carbón y carece de petróleo.

La tecnología es la que solucionará los problemas que involucren las nuevas fuentes alternativas de energía poniéndolas a la disposición del mercado, para que cada una de ellas sea económicamente competitiva. En E. U. de los 11 mil millones de dólares que están destinados a la investigación y desarrollo energético, un 96 % se designa a la energía nuclear; es por ello que los concededores recomiendan una mayor vigilancia en cuanto al fomento uniforme del desarrollo e investigación de nuevas fuentes, sin preferencia de ninguna clase, mejorando la distribución del capital dedicado a tal efecto. Una realidad inobjetable en los E. U. es que se gastaron billones* de dólares para conocer apenas las dificultades que presenta la producción de energía nuclear en forma limpia y segura, sin tener la preocupación de investigar las fuentes alternativas de los combustibles fósiles.

Chauncey Starr afirma que debe planearse el manejo de los energéticos existentes a un nivel nacional e internacional, tal planeación puede realizarse mediante un programa a largo plazo, porque hace la aserveración que cualquier planeación de ésta índole toma de 10 a 20 años para efectuar una alteración en las tendencias de los enormes sistemas, y propone actuar de inmediato pues considera que el programa es el problema energético más apremiante y su solución rápida impedirá cualquier consecuencia fatal.

Dos son los puntos a llevar a cabo para proteger las fuentes energéticas que provienen de los combustibles fósiles:

1º) En el período de una década se tendrá que realizar un

* Billones de E. U. A.

financiamiento para cada una de las posibles fuentes alternativas, sin preferencia alguna.

- 2º) En los finales del siglo no existirá ninguna nueva fuente energética que reemplace los combustibles fósiles.

GASIFICACION DEL CARBON.

La gasificación del carbón tuvo auge en cuanto a investigación en Europa Occidental donde existe abundancia del mineral, y que en cambio carece de petróleo y gas natural. Cuando los avances tecnológicos permitieron que Estados Unidos llevara gas natural en oleoductos hasta la costa Este Europea, la investigación sobre la gasificación del carbón se debilita, quedando cuatro procesos solamente en desarrollo.

Los procesos difieren en general en el tamaño del carbón, en la forma en que se introduce al reactor, si se emplea aire u oxígeno en la combustión, si la operación es bajo presión y si el gas se metaniza mediante la combinación del CO y el hidrógeno; por otra parte pueden existir esencialmente dos objetivos en tales procesos:

- 1º) La obtención de un gas que exclusivamente sea apropiado para generar electricidad en el mismo lugar, aunque su valor para la calefacción sea bajo.
- 2º) La obtención de un gas de alto nivel energético que pueda transportarse fácilmente y sustituya al gas natural.

Con el fin de solucionar todos aquellos problemas de tipo económico, ambiental, humano, etc., se estudia en la actualidad las técnicas de gasificación del carbón que permitirá efectuarla en la veta subterránea, aunque a partir de la segunda Guerra Mundial ya se tenía interés en tales técnicas; ahora existe una nueva variante en el laboratorio de Lawrence Livermore de la Comisión de Energía Atómica (AEC) en los E. U., donde se ensayan detonaciones explosivas en el fondo de la veta carbonífera cuyo lecho se torna permeable, posteriormente se enciende el carbón desde la cima, escapándose por el tiro una mezcla de oxígeno y vapor, recuperándose el gas que es de baja calidad, en el fondo de la perforación.

Si tales esfuerzos alcanzan su objetivo, se reducirá la contaminación ambiental producida en la incineración del carbón que contiene altas cantidades de azufre. Pero todo ello no será posible en un plan comercial sino hasta 1980, dependiendo del trabajo de ingeniería que se efectúe para una realización próxima, comenzando por

plantas tipo piloto que aún no han sido desarrolladas para los procesos más modernos.

LIQUEFACCIÓN DEL CARBÓN.

Los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial elaboraron dos procesos para obtener petróleo a partir del carbón, pero se dice que tales procesos son costosos, tienen el inconveniente de necesitar temperaturas y presiones extremadamente altas, además como primer paso requieren de la gasificación.

Podría existir dos tipos de combustible proveniente del carbón:

- a) El que es refinado en sustitutos sintéticos de varios productos del petróleo tales como la gasolina.
- b) Y el combustible de bajo contenido de azufre destinado a las industrias y las empresas de servicio.

Una forma modificada de licuefacción puede adaptarse al primero de los combustibles, cuyos procesos son los más complejos, así de una forma más simple se eliminan los contaminantes ya sea antes o en el mismo instante de la combustión, resultando más atractivo económicamente que el uso de depuradores en los depósitos de gas.

El carbón refinado es de alta calidad pues tiene un bajo nivel de impurezas; la refinación procede a partir de carbón sometido a altas temperaturas y bajas presiones en un sistema de disolventes, se fusiona con alguno de ellos; el azufre que no puede disolverse se filtra y posteriormente el disolvente es recuperado por destilación, mientras que el carbón refinado puede permanecer dentro del horno en forma fundida o enfriarse para luego ser transportado; se afirma que tal proceso posee productos residuales que compensan cualquier alto costo.

El "Lecho de Ignición Fluido" es otro proceso, llamado así porque su combustión tiene una apariencia burbujeante. En dicho sistema el carbón finamente dividido es roceado en una cámara con el fin de mezclarlo con caliza, que reacciona con los óxidos de azufre para formar sulfato de calcio, que extraído u separado se recobra, en tanto la caliza nuevamente se utiliza mediante una recirculación.

Numerosos problemas de contaminación se presentan en la conversión del carbón a petróleo u gas, pues las cantidades necesarias para éste efecto son extensas, y el carbón es obtenido en su mayor parte a cielo abierto.

Las estimaciones del costo de una planta de licuefacción de carbón, indican que la inversión sería aproximadamente de un billón* de

* Billón de E. U. A. (mil millones)

dólares, necesitándose 35,000 toneladas de carbón para producir 100,000 barriles de petróleo sintético, lo que ameritaría una cantidad de agua grandísima, que quizá no estuviera disponible; además los óxidos de nitrógeno que se emiten deben eliminarse, elevándose aún más la inversión.

El gobierno de los Estados Unidos por medio de su Departamento del Interior tiene una planta de licuefacción operando y construye otra; pero se sabe que la licuefacción del carbón es más costosa que su gasificación, por lo cual, a nivel comercial se desarrollará con posibilidades remotas. El licuar el carbón constituye un alivio para la futura escasez del petróleo, y como tal puede conducirse en oleoductos; para el próximo decenio se espera que tal cosa pueda realizarse comercialmente.

MHD.

Los sueños alquimistas de convertir el plomo en oro son comparables al intento técnico de convertir el carbón en forma directa a electricidad y que recibe el nombre de Magnetohidrodinámica, cuyos estudios se han venido haciendo hace 10 años. Tal proceso se realizaría a temperaturas de 4000 y 5000 °F, el carbón candente u otro combustible produciría un gas ionizado que pasaría a través de un potente campo magnético, encargado de desplazar los electrones del gas generando el fluido eléctrico. La MHD tiene problemas irresolubles en apariencia, el menos grave es la formación de altas concentraciones de óxido de nitrógeno (monóxido u óxido nítrico). Se presume que la Unión Soviética tiene en operación dos plantas piloto y es el país más adelantado en la tecnología.

PETROLEO DE ESQUISTOS Y ARENAS ASFALTICAS.

En el mundo se conoció el petróleo de esquistos mucho antes que el petróleo mismo; en grandes plantas piloto se probaron diversos procedimientos para la extracción del petróleo de esquistos, pero a partir de 1968 cuando el Departamento del Interior de los E. U., ofreció en arriendo tres áreas y posteriormente seis nuevas áreas en los Estados de Colorado, Utah y Wyoming, en las que se sospecha existe la cantidad de 1.8 billones* de petróleo recuperable, la posibilidad de explotar convenientemente éste petróleo tomó impulso; cada área es de 5000 acres con una constitución geológica diferente, se calcula que de ella se podrá extraer hasta 35 galones de petróleo y

*Billones de E. U. A.

quizá más por cada tonelada de esquistos; todo el terreno Estadounidense será capaz de producir un total de 600 billones* de barriles integrándose como una poderosa reserva; si bien tal petróleo varía en calidad, dicho potencial es de todos modos considerable.

De las arenas asfálticas también se extrae petróleo, en E. U. un área llamada Alberta, es de vital importancia, como ejemplo de la más rica y grande extensión de arena de éste tipo. Athabasca es otro ejemplo, en la que se sospecha existen 80 billones* de barriles de petróleo, por tal motivo la Sun Oil Co. opera desde 1967 en éste sector con pérdidas calculadas en varios millones de dólares al año.

Un consorcio norteamericano denominado Syncrude producirá hasta 1978, pero en la actualidad gasta alrededor de dos millones de dólares al mes en costos de arranque.

La arena petrolífera que proviene de las minas, es sometida a un tratamiento con vapor y agua caliente con el fin de extraer el petróleo; la Syncrude calculó que una refinería de 100,000 barriles diarios tendrá una inversión de un billón* de dólares. Se piensa que el petróleo de esquistos se incrementará en su desarrollo porque posee propiedades químicas más adecuadas; de 1.4 toneladas de esquistos se puede, si son de alto grado, extraer un barril de petróleo y 1.2 toneladas son de desperdicio. Existen varias consideraciones para trabajar con los esquistos, debido a su volumen tan extenso es preferible extraer el petróleo en el mismo lugar donde se hallen, así podrán ser extraídos y luego procesados, o pueden licuarse ahí mismo. Cuando se licuan los esquistos, deben fragmentarse para hacerlos más permeables, a continuación se quemán en el fondo de una perforación practicada en la formación, el petróleo fluye a través de una segunda perforación, destilado por los gases que se forman y que se encuentran a temperaturas de 900 °F.

Existe otra posibilidad que es la excavación de una caverna por debajo de los esquistos, efectúando una explosión, los esquistos se desplomarán lográndose la permeabilidad de una forma más rápida; además se tiene la intención de usar los explosivos nucleares para simplificar aún más el proceso y volverlo económico.

Los problemas de contaminación que causará el producir petróleo de esquistos abarcarán el aire, el suelo y el agua. Un estudio patrocinado por la Fundación Ford sobre el aspecto ambiental, afirma que el desperdicio de los esquistos, así como el agua salinizada que se utiliza en la mina, contaminarán el río Colorado; por

*Billones de E. U. A. (mil millones).

otra parte liberarán residuos tóxicos como lo son el mercurio, cadmio, plomo y flúor. El volumen de desperdicio será enorme, ya que pasará de roca finamente estratificada a simples fragmentos; se dice que para producir 50,000 barriles por día, será necesario liberar más de una tonelada de residuo por segundo, y por incinerarse causará enorme contaminación del aire.

Otro problema de gran magnitud es el hecho de que en E. U. los terrenos donde los esquistos son de mejor calidad están junto al río Colorado, que contiene en su cauce un caudal escaso y no puede satisfacer las enormes cantidades de agua necesarias para el proceso.

Igualmente la arena asfáltica necesita grandísimas cantidades de agua y deja desperdicios al por mayor. En Athabasca existe un área al norte de Edmonton de cientos de millas, que se dice posee un suelo húmedo y esponjoso, con la cantidad de agua necesaria, lo que la hace menos perjudicial al medio ambiente.

Para 1978 los Estados Unidos esperan empezar a producir el petróleo de esquistos y en 1985 producirán un millón de barriles diarios aproximadamente. Comercialmente se afirma que el barril costará en su producción cinco dólares por barril, un precio competitivo, que compensará la alta inversión inicial. La región de Athabasca actualmente produce 50,000 barriles por día, para 1980 se espera que ésta cantidad quede cuadruplicada y en 1990 sea de un millón de barriles.

BASURA.

Ya hace muchos años en Europa se ha empleado la incineración de basura para generar electricidad, suministrar vapor para la calefacción; y ahora en los Estados Unidos la utilizan algunas industrias. La basura es un medio más de energía; el desperdicio será lo que activa los generadores de electricidad que moverán tranvías y ferrocarriles subterráneos en una ciudad como Milán Italia.

Los desechos son los únicos que no necesitan exploración alguna, por ello, una compañía norteamericana de Filadelfia realiza esfuerzos para fabricar a partir del 90 % de éstos desperdicios, un combustible que pueda manejarse como finos fragmentos o barras. En la planta Pontiac de Michigan, la General Motors hace planes para quemar 55,000 toneladas de basura al año, para abastecer parte de la energía eléctrica que necesita en su división de camiones y vagones de Nashville, Tennessee, también incinerará su basura sólida para tener aire acondicionado y calefacción.

Para utilizar la basura debe separarse en sus componentes

que en general son:

- a) Materia orgánica.
- b) Vidrio.
- c) Metales.

Los métodos de separación están en avance; se pulveriza, se separa por ventiladores y tamices vibratorios, luego el combustible resultante que es el 80 % aproximadamente, se mezcla con carbón o petróleo para poder quemarla. La contribución de la basura como combustible es de un 10 %, aunque algunas calderas la pueden quemar por completo como sucede en una planta generadora de las azúcaras de París.

La basura sería más eficaz si se utilizara como gas o combustible, de manera similar como se trata el carbón. Con el uso de altas presiones y temperaturas puede hidrogenarse el contenido de carbón del desperdicio, hasta lograr que por cada tonelada de basura seca, se produzcan dos barriles de petróleo aproximadamente.

Un proceso como la pirólisis produce petróleo y gas de baja energía, tiene una eficiencia menor al proceso anterior y como éste requiere temperaturas elevadas, aunque su economía es considerable pues trabaja a presión atmosférica; tales procesos están en su fase de experimentación. Una planta fermentadora que se encuentra en Denver (E. U.), se abastecerá con la basura y desechos municipales para hacer el combustible necesario de su cervecería.

La basura empleada como combustible tiene desventajas, como es su bajo rendimiento en BTU que ocasiona una seria corrosión en las calderas, por otro lado se requiere un suministro de basura constante para mantener la combustión uniforme. Si se tuviera una demanda energética alta y el material de desecho fuera escaso, no podría satisfacerse tal demanda, así mismo puede suceder lo contrario, tener mucha materia de desperdicio y una baja demanda energética. La recolección de la basura es otro problema para la economía del proceso recomendado, si la municipalidad se hace cargo de los costos todo queda solucionado, pero se asegura que una eficiencia mayor se logra tan sólo en las grandes plantas de generación eléctrica.

FERMENTACION.

La descomposición anaeróbica es un método que acelera la putrefacción de la materia orgánica y produce el gas metano, evitando algunos de los inconvenientes contenidos en la utilización de la basura seca.

En la India y en Asia Occidental existen 2500 instalaciones de bio-gas, muchas de ellas cubren las necesidades de la población; se intenta instalar un "digestor anaeróbico" (depósito de fermentación) en cada casa para satisfacer los requerimientos de la familia agrícola, en tanto las necesidades de habitantes urbanos se reducirían a la mitad. Existen métodos en los cuales se usa la basura seca para combustión y los que necesitan fermentación combinan los desperdicios sólidos con las aguas negras; de cada onza de materia orgánica se puede producir casi 10 pies cúbicos de metano, se puede utilizar el residuo de 4 y 7 días para fabricar un fertilizante totalmente limpio o para elaborar alimento de animales.

Las plantas de aguas negras son de hecho las de metano, que aunque causan algunas molestias son empleadas en Europa y Asia, mientras en E. U. la fermentación se utiliza para producir nutrientes y de ésta manera reducir la cantidad de desperdicio.

Al utilizar los desechos sólidos como generadores de energía se disminuye la contaminación del suelo, agua y aire; en los dos primeros no se arrojará más basura, mientras que el último podrá ser limpiado mediante controles específicos, por otro lado se recirculará el vidrio y los metales que deben eliminarse.

La producción de petróleo y gas a partir de basura, se afirma que es un medio limpio, siendo sus combustibles de un grado menor contaminante. La fermentación, como ya se dijo, produce el metano apreciable en el mercado y cuyo proceso se efectúa en lugares cerrados lo que aminora su grado de contaminación.

La basura en E. U. será un 15 % de su potencial energético según los cálculos de la Oficina de Minas, afirmándose que el proceso de menor eficiencia quemando la basura sólida, será la calefacción y enfriamiento así como la generación directa de electricidad, en tanto que el mayor potencial lo constituye la fermentación en la producción de metano que utiliza la basura mojada o seca y su proceso de conversión necesita un mínimo de combustible. Es un gran incentivo el hecho de eliminar la basura utilizándola y con ello proporcionar un remedio a la futura escasez energética.

ENERGIA DE LAS FLORES Y LAS ALGAS.

Los vegetales pueden constituir un desecho cuando se secan y pulverizan que puede habilitarse como combustible, tal cosa ya se experimenta con los girasoles y la caña de azúcar, pero son necesarias grandes extensiones de cultivo y una gran cantidad de agua para ...

poder contar con una fuente importante energética. Se dice que estimular el crecimiento artificial de algas podría resultar otra alternativa de energía, pero que los problemas de cosecha y secado son fuertes. Algunos proponen granjas de árboles, en las que 400 millas cuadradas producirían 400 MW de potencia al año; sin embargo tal forma no es atractiva pues es pobre en magnitud, ya que sería mejor, al decir de los conocedores, utilizar los desechos de madera aserrada y los desperdicios agrícolas existentes. Se afirma por tanto que no es probable la comercialización de las flores como fuente energética en los Estados Unidos.

LOS VOLANTES.

Los volantes son un medio de almacenar energía, estarán hechos con materiales fuertes y ligeros así como diseños avanzados. Tales dispositivos se afirma, estarán cargados con 10,000 a 20,000 KWhr. y operarán en un vacío parcial a 3500 revoluciones por minuto, durante períodos de demanda eléctrica. Cualquiera unidad más pequeña que contuviera 30 KW de energía almacenada, sería capaz de manejar un pequeño automóvil a una velocidad de 60 millas por hora por espacio de 200 millas y recargarse de energía en sólo cinco minutos. Comparando el sistema de volantes con los motores de combustión, los primeros serían cinco veces más eficientes y no tendrían en su operación ninguna clase de contaminación. Se supone que el volante conservaría su "carga" en un período de por lo menos 6 meses. Los volantes serán en resumen, los almacenadores de energía intermitente que proviene del sol, el viento y las mareas.

LA OPCION NUCLEAR.

La Fisión nuclear ha sido en E. U. exhaustivamente investigada; en 1946 se funda la Comisión de Energía Atómica que en aquel entonces suponía a los reactores nucleares generadores de electricidad, como la fuente de energía más importante, pues casi sustituiría a los combustibles fósiles. Los reactores de fisión convencionales pueden ser de dos tipos, los enfriados con gas y los de luz-agua, la ventaja que presentan éstos reactores es que tienen características de aire limpio y los combustibles nucleares son una fuente compacta de energía, además sus costos de minería y transportación son menores a los necesarios en la explotación del carbón, todo lo relacionado con la contaminación del agua y la perforación del suelo es notoriamente reducido.

Aunque sus características son evidentemente ventajosas, el ritmo al cual se ha incorporado a la producción de electricidad es desilusionante, en Estados Unidos existen más o menos tres docenas de reactores que operan abasteciendo el 5 % de la capacidad eléctrica de éste país. Todas éstas dilaciones se deben a los problemas surgidos al establecer la confiabilidad y seguridad de su operación comercial; recientemente existe otro nuevo problema que está relacionado con su efecto ambiental cuando funcione a gran escala, definir cual será su situación y buscar el perfeccionamiento de la tecnología que involucre la fisión nuclear. De todas las fuentes de energía la fisión tiene un número mayor de riesgos, pues podría tener efecto tanto en la salud humana, como en el medio ambiente, y todo se originaría a partir de acciones erróneas, negligentes o como una consecuencia de sabotaje.

EL REACTOR DE CRÍA.

Los reactores de fisión convencionales que ya están operando, tienen una desventaja adicional, consistente en utilizar solamente el 1 % de la energía que proviene del uranio en su estado natural. Todos éstos reactores consumen el isótopo fisiónable uranio 235 (0.71 % del U natural), convirtiendo sólo pequeñas cantidades del isótopo que predomina o sea el U. 238 en plutonio fisiónable. Los expertos no se ponen de acuerdo en las cantidades de uranio que pueden recuperarse en forma económica, pero se tiene confianza en que los reactores de fisión actuales, aporten una buena parte de la energía eléctrica que por otros caminos tendría que hacer uso de minerales de uranio, de bajo grado y además muy costosos.

Todo éste aspecto conduce a una actividad impulsora del llamado reactor de Cría, que produce mayor cantidad de material fisiónable del necesario en su consumo y teóricamente utiliza entre el 50 y 80 % del uranio. Los reactores Cría almacenan más energía en un menor espacio, que como lo realizan los convencionales, por tal motivo existe la posibilidad de una espantosa fusión; los desechos radiactivos son ricos en plutonio tóxico, del que se fabrican algunas armas.

En Estados Unidos la Comisión Federal de Energía afirma que las plantas nucleares cubrirán el 50 % de las necesidades energéticas de éste país, en un período de 20 a 30 años. En el año 2000 estarán en operación 900 plantas de potencia nuclear, según lo predice la AEC. En Japón y algunas ciudades de Europa se prevee una mayor dependencia de la fisión nuclear, que encuentra una tenaz resistencia por parte de algunos importantes sectores del público.

Con el tiempo la esperanza de obtener energía a partir de

una reacción termonuclear bien controlada ha ido desapareciendo para algunos, mientras en otros existe una certeza de que al finalizar el siglo ya será una realidad. El proceso de fusión involucra la interacción de un núcleo atómico muy ligero, tal como el hidrógeno, que sea capaz de crear un nuevo núcleo de alta energía, así como partículas y radiación, pero el problema está en el control de la reacción a elevadísimas temperaturas y presiones.

Dentro de ésta fusión existe el contenido magnético de la fusión del plasma (gas ionizado) y la fusión inducida láser. En el primer proceso, el plasma es rodeado por una cubierta moderada de electrones que se encuentra contenida en magnetos superconductores. El otro proceso usa un pulso gigante láser para chocar contra la pastilla de Deuterio-Tritio.

Las ventajas de la fusión nuclear son de leyenda; en especial para los propósitos prácticos de proporcionar una inagotable fuente de energía limpia con un mínimo en su efecto ambiental, particularmente la contaminación térmica. El control del proceso contiene muchos fenómenos científicos que no son apropiadamente entendidos, y hasta que la tecnología no solucione y proporcione viabilidad para la fusión nuclear, el futuro de ésta a pesar de su gran atractivo parecerá incierto.

LA OPCION GEOTERMICA.

El calor de la Tierra es un potencial energético que puede aprovecharse por aquellos países en donde las condiciones geológicas indican la presencia de ésta energía interna. 80 países parecen reunir tales condiciones, efectuándose en 7 de ellos su producción, tales naciones son las siguientes:

- 1) Estados Unidos.
- 2) Italia.
- 3) Islandia.
- 4) Unión Soviética.
- 5) Japón.
- 6) Nueva Zelandia.
- 7) México.

Para la mayor parte de los países los descubrimientos no son recientes, por ejemplo en Italia empezaron desde 1904 cuando se producía aproximadamente una energía eléctrica total de 1100 MW que equivaldrían a una gran planta actual consumidora de combustibles fósiles. Actualmente Kenia y Etiopía explotan su energía geotérmica

mientras que en Turquía, Chile, El Salvador, Nicaragua y Taiwan se realizan esfuerzos para iniciar su explotación. Estas tierras son históricamente de terremotos y volcanes, fenómenos que hacen suponer la existencia de energía en forma calorífica, que proviene de los fundidos interiores de la Tierra, cuyo aprovechamiento está al alcance de la tecnología humana.

En las zonas frías del mundo, la energía geotérmica no necesitaría convertirse en electricidad, sino servir en la calefacción, un ejemplo de ello lo constituye Reikiavick, Islandia, en donde los manantiales calientes proporcionan calefacción a hogares e industrias.

También existen otras aplicaciones como son la separación mineral y la desalinización. En los depósitos geotérmicos puede haber agua muy caliente (550 °F) o agua de temperaturas relativamente bajas (casi 200 °F), como en el caso de algunos depósitos de la Unión Soviética y de Hungría.

El interior terrestre contiene agua caliente o vapor, pero sólo existen unos cuantos lugares en el Mundo con tales atributos, en Estados Unidos por ejemplo, se encuentra uno a 90 millas en el norte de San Francisco, lugar denominado Los Geysers, donde se trata de aumentar la capacidad desde 237 MW a 1000 MW.

La energía geotérmica es necesario buscarla mediante profundas excavaciones para poder disponer de vapor, agua caliente (así como salmuera), la roca supercaliente y quizá magma (rocas y gases fundidos); cada uno de ellos posee ciertas características, así el vapor geotérmico tiene menor temperatura que el generado normalmente, lo que lo hace menos eficiente, aumentando su inversión por watt producido.

El agua caliente puede convertirse en vapor, para la generación directa de electricidad, tal hecho ya se realiza con cierta fortuna en Nueva Zelanda, así como en la Planta de Cerro Prieto en México, aunque se dice que tal generación es de baja eficiencia. El agua con una temperatura más baja puede emplearse para calentar un líquido de bajo punto de ebullición como los freones y los isobutanos que más tarde se usarían para accionar una turbina. En la Unión Soviética opera una planta que utiliza el sistema llamado binario, es decir, el uso del agua antes mencionada y de los agentes químicos que accionarán las turbinas, y por otro lado en éste mismo país ya se proyecta la construcción de otra planta del mismo tipo.

Del fluido geotérmico se obtiene salmuera, con más de un 30 por ciento de sólidos tales como sal, silicatos y carbonatos que son altamente corrosivos; para conservar aislada la salmuera debe usarse

un sistema binario. En el Valle Imperial de California se supone que hay suficiente salmuera para producir 20,000 MW por espacio de un siglo.

La roca caliente-seca es la más práctica posibilidad que tiene la energía geotérmica, podría calentar agua que estuviera en la superficie y bombeada bajo alta presión, hacia la perforación taladrada, pasaría por los estratos múltiples de la roca, absorbiendo el calor de ésta, que por la alta presión se fracturaría hidráulicamente; el agua ya calentada se recuperaría por convección natural, al través de un orificio taladrado en forma paralela al primero, entonces el agua es utilizada para calentamiento y una vez que el calor ha sido extraído, se procede a regresar el agua por gravedad a la perforación donde se encuentra la roca y nuevamente el ciclo se repite.

Se efectúan ensayos sobre granito y otras formaciones cristalinas a presiones relativamente moderadas de hidrofractura, con las técnicas desarrolladas en la industria petrolera para pozos agotados, teniéndose la confirmación teórica en forma exitosa, ya que la grutas producidas no causan fugas de agua, como se temía, lo cual hace prometedora ésta técnica para impulsarla a una prueba de gran escala.

En Marepville, Montana (E. U.) existe un área donde se cree que la superficie de la tierra, en la extensión de una milla, hay roca caliente con una temperatura de 500 °C (932 °F) y que para los próximos treinta años quizá abastezca un 10 % de la electricidad que actualmente se emplea en éste país.

La energía geotérmica no está exenta de consecuencias sobre el medio ambiente, y varía su efecto de acuerdo a la calidad del vapor obtenido, así como la calidad del agua, que depende esencialmente de las presiones subterráneas que impiden su retorno a la tierra; todo ello pudiera originar grandísimos problemas de distribución, pero por otro lado se podrá contar con agua apropiada para enfriamiento, usos agrícolas y otros de variado tipo.

En cuanto a su efecto ambiental, la roca caliente seca parece la principal fuente satisfactoria, aunque se necesitarán grandes cantidades de agua para lograr una utilización objetiva, por otra parte el temor de que la fractura del suelo causará en las áreas sísmicas una peligrosa inestabilidad geológica ha ido aminorando.

Cuando el vapor escapa bajo una alta presión suele ser ensordecedor, también las posibles fugas del ácido sulfhídrico llenaría los alrededores con olor de huevos pútridos, desde luego constituye

el tipo de contaminación por olor y ruido.

Puede presentarse en la fuente geotérmica, por el uso del suelo, la contaminación visual y algunas pérdidas de energía, que en general se deberán a problemas en las líneas de transmisión eléctricas, que irán hacia las áreas de demanda, las cuales pueden encontrarse distantes de la fuente principal.

A pesar de tanto problema, no queda duda de la magnitud gigantesca del caudal geotérmico, por ello los rusos calculan que su potencial en éste sentido, es casi igual al de sus reservas de petróleo, carbón y lignito combinadas; otra de sus ventajas lo constituye el hecho evidente de su disponibilidad tecnológica, mientras que otras fuentes energéticas no son tan accesibles. Es claro que la energía geotérmica sólo será aprovechada por aquellos países cuya geografía y economía les permitan hacerlo. Se dice que en breve ésta fuente será competitiva aunque no se conoce mucho sobre sus costos de extracción y exploración.

En los E. U. el desarrollo de tal alternativa ha sido lento, en sus tierras federales, apenas se está expidiendo los contratos de arrendamiento para perforarlas exploratoriamente; no obstante un estudio de la Fundación Nacional de Ciencia calcula que en éste país para 1985 se generarán 132,000 MW a partir de la energía geotérmica, y para el final de la centuria la capacidad alcanzará 395,000 MW, más de lo que se genera actualmente. Por otro lado el Comité Conjunto de Energía estimó que en el año 2000 la geotermia podrá suministrar menos de un 5 % de la demanda energética estadounidense.

ENERGIA SOLAR.

La energía solar ha desarrollado un vivo interés en los últimos tiempos, sus perspectivas son de un ilimitado potencial, pero se ha descuidado el estudio de ésta colosal fuente energética.

Su almacenamiento puede realizarse con varios objetivos, como por ejemplo, usar grandes paneles que colectarían las radiaciones solares para emplearlas en el calentamiento y enfriamiento de casas o edificios, así como transferirlas para calentar agua, rocas o más recientemente sales especiales, en las zonas frías proporcionarían espacios acondicionados. Podría instalarse celdas solares que generarían directamente electricidad para iluminar casas y accionar aparatos. El exceso de potencia se almacenaría en baterías convencionales, volantes, o químicamente como el hidrógeno, para emplearlo cuando fuese necesario cubrir algún déficit energético.

En la Universidad de Delaware se tiene una casa experimental en

donde se combina, el calentamiento ambiental y la conversión fotovoltaica, los resultados de tales experimentos no han sido publicados. Hay una posibilidad de que un 20 % de la calefacción en edificios y las necesidades eléctricas se cubran por la energía solar con un costo adicional del 10 %, efectuando una amortización de 15 años. Los ahorros de combustible podrán entonces ser importantes, convirtiendo el proceso en un sistema evidentemente competitivo.

Se piensa almacenar grandes cantidades de radiación solar en hornos, mediante espejos parabólicos o tal vez lentes de plástico, que manejados automáticamente, enfocarían los rayos solares sobre un calentador instalado sobre una torre. El calor obtenido se convertiría por un generador de vapor (turbina) en electricidad, seguramente por medios más complicados.

También puede concentrarse el calor del sol, en cientos de millas de tubería que contendría un líquido de bajo punto de ebullición, y posteriormente generar grandes cantidades de electricidad, el procedimiento consistiría en tender el conducto en terrenos desérticos o sobre tierras con pastisales, recubriéndolo con un material en donde las radiaciones del sol penetraran y no escaparan. La limitación principal de tal proyecto es su costo elevado, así como la extensión terrestre que se dedicaría a tal propósito, siendo un proyecto ideal para las partes muy soleadas del planeta.

Otro tipo de proyecto, sería poner en órbita satélites gigantes que recorrerían varias millas, y mediante el montaje en ellos de celdas solares, colocadas en pares (con el fin de que alguna de ellas siempre estuviera en actividad sin el efecto de la sombra terrestre), proporcionarían un suministro ininterrumpido de energía eléctrica transmitida por microondas a las estaciones de la Tierra, pero nuevamente el aspecto financiero es elevadísimo.

Se realizan esfuerzos para lograr el calentamiento y enfriamiento del espacio, así como la conversión en pequeña escala a electricidad, pero el problema estriba en determinar en cuanto tiempo se producirá a gran escala, que cantidad podrá alcanzarse y en que forma y magnitud se reducirán los costos.

Los problemas contaminantes están relacionados al deterioro del suelo, ya que se emplean extensos conductos colocados en cientos de millas que desde luego tienen efecto perjudicial sobre la fauna existente. La instalación de una antena gigante receptora de microondas, también causaría trastornos, produciría la llamada contaminación Visual, que es mínima. Todos los arquitectos deben solucionar los problemas de diseño que encierran los paneles gigantes (o colectores solares), pues tienen una

determinada orientación (en el Hemisferio Norte estarán orientados al sur) en un determinado ángulo, y al tener un gran tamaño deben diseñarse con una apariencia agradable. La energía solar por ser ilimitada debe aprovecharse, pues tiene la ventaja de hallarse en cualquier lugar, además de ser un medio energético limpio. Dentro de cinco años estarán disponibles comercialmente las primeras unidades de calefacción solar, pero falta mucha investigación por hacerse, respecto a cuales sistemas y sus componentes sean los de mayor confiabilidad y economía.

Toda la posibilidad de que se adopte la calefacción solar depende de motivaciones tales como la escasez del petróleo y la electricidad, así como de los incentivos que muestren los sistemas solares de los cuales se espera algo al finalizar la década.

Para el año 2000, según dice el Comité Conjunto de la energía, (E.U.), la energía solar suministrará un 6 % de su energía total, mientras que la Fundación Nacional de Ciencia y la NASA presumen que para el año 2020, un panel de energía solar que éstas dependencias formaron, proporcionará el 35 % del calentamiento y enfriamiento del espacio, necesario en ese país, pero también el 20 % de su electricidad.

En el mundo desarrollado quizá se llegue a perfeccionar el uso de ésta energía, además si las celdas fotovoltaicas producen masa a un costo económico, será posible llevar energía eléctrica a los sitios más recónditos del Mundo.

EL VIENTO.

Hace algunos años en Dinamarca lo primero que se utilizó para generar electricidad fueron los molinos de viento, aquí donde existe la "turbina" de viento más grande del mundo, que genera 200 KW; después algunos experimentos más adelantados se hicieron en Estados Unidos, la Unión Soviética, Alemania e India, siendo abandonados por falta de éxito. Actualmente el interés se renueva, pues se cuentan con materiales más ligeros y medios de almacenamiento mucho más eficientes además de un mayor conocimiento de la Aerodinámica. Antes se empleaban impulsores de 175 pies de diámetro que pesaban 18 toneladas, en el famoso experimento de los años cuarenta, realizado en Vermont (E. U.), ahora los impulsores usados son más livianos y tienen un diámetro de 6 a 25 pies, con un avanzado diseño.

La ventaja que se busca es sin duda que el viento sea fuerte y constante, porque un viento de 20 millas por hora, es 8 veces más energético que uno de 10 millas por hora, así las turbinas a emplear se colocarán en donde sea más favorable.

Se propuso colocar molinos de viento flotantes en la Costa del Atlántico (en E. U.), unos 20 a 50 mil de ellos suministrarían la carga suficiente para parte de la Costa Este, si el viento fallara, las plantas de energía convencionales lo suplirían. Se calculó que la mitad de las necesidades eléctricas podrían cubrirse con el viento de las planicies occidentales de los Estados Unidos; mientras algunos proponían colocar molinos de viento sobre las torres ya existentes.

La energía proveniente del viento causará contaminación visual, porque los actuales generadores que son avanzados técnicamente, no poseen la atracción de los antiguos molinos de viento.

Una posibilidad adicional es usar barcos cargueros con aparejos cuadrados, movidos automáticamente, que alcanzan velocidades hasta de 12 o 16 nudos y quizá más; gracias a que se cuenta con materiales ligeros y de avanzado diseño, los alemanes afirman que sólo se oprimiría un botón y tales barcos serían instalados, adaptados y aferrados, podrían disponer de energía auxiliar en caso de que fallara el viento, además en el Atlántico éste viento dura aproximadamente el 85 % del viaje, lo economizaría grandes cantidades de combustible.

LAS MAREAS.

La generación de electricidad a partir de mareas es algo que no se ha aprovechado; sólo dos lugares en el mundo producen el fluido eléctrico, éstos son la Unión Soviética y Francia (en su parte norte) donde genera 240 MW. La circunstancia de aprovechar la energía de las olas marinas depende de la Geografía, pues no existen muchos lugares en donde la diferencia en elevación entre las mareas altas, es decir la cabeza, sea suficiente para la generación de electricidad en forma práctica.

Se asevera que las instalaciones futuras para el aprovechamiento de ésta fuente, poseerán depósitos especiales, almacenaje provisto de bombeo, volantes o conversión de Hidrógeno, para tener un suministro constante de energía que provenga de mareas intermitentes. En el Canadá existe una bahía denominada Fundy, donde la cresta de la marea mide 50 pies de altura, siendo la más alta del mundo.

El estudio del efecto ambiental no se ha hecho, más se supone que al ser necesarias grandes represas, éstas influirán en las aguas de la bahía o estuario en donde se instalen, motivando el estudio de cada caso en particular.

CORRIENTES OCEANICAS.

Podrían usarse en las corrientes oceánicas "molinos de viento" bajo el agua, para extraer su energía; dentro de la corriente de la Florida, existe 50 veces el flúido de toda el agua dulce de los ríos del Mundo, en tan sólo uno de sus componentes y en sus cercanías superficiales hay velocidades que superan algunas veces las 5.5 millas/hora.

Se opina que el aprovechar la corriente entre Miami y Bimini generaría 25,000 MW, cantidad aproximada.

Hasta hoy existe una turbina experimental, teniéndose la duda de que trabajándose a bajas revoluciones se genere electricidad económicamente. Todas las corrientes aprovechables están moderadamente distribuidas por el Mundo, la energía es relativamente libre de contaminación, pues tendrá mínima influencia sobre el ambiente marino y costero.

GRADIENTES TERMICOS.

En aguas oceánicas hay agua superficial a 45 °F, más caliente que la encontrada a 1000 pies o más de profundidad, tiene las mismas características que las corrientes oceánicas y por lo conveniente de éstas diferencias térmicas puede originarse una fuente energética.

El agua que proviene de éste medio, puede utilizarse en un cambiador de calor, con el fin de proporcionar energía calorífica a un líquido con bajo punto de ebullición, por ejemplo el amoniaco; podría así mismo accionar una turbina y producir electricidad, que más tarde se trasladaría a otro sitio o se utilizaría en ese mismo lugar, por ejemplo, para extraer el hidrógeno del agua marina. El agua de las profundidades se usaría en el enfriamiento del vapor, transformándolo nuevamente a líquido realizándose otra vez el ciclo.

El potencial de éstos gradientes, se conoció desde 1929, en que un francés produjo 22 KW. de energía, con el uso de un gradiente menor a 20 °F. Francia es la única en el mundo, que actualmente ha investigado casi la totalidad de éste campo.

La eficiencia de éste fuente es baja, pero algunos afirman que será bastante competitiva; otro aspecto importante de ella, es el hecho de que los nutrientes marinos de las profundidades oceánicas se empleen para el cultivo de mariscos, mientras que su efecto sobre el medio ambiente no tiene consecuencia alguna. Los extremos de temperatura no se encuentran en los lugares donde la demanda energética es mayor, pero tal potencial puede aprovecharse por los países que tienen aguas tropicales y subtropicales, las naciones en vías de desarrollo. De todas formas ésta fuente tiene posibilidad de ocupar un lugar importante dentro de

las nuevas y futuras alternativas energéticas.

EL HIDROGENO.

Un combustible que tiene suficientes cualidades para reemplazar al petróleo y al gas, es el hidrógeno, que se considera inagotable y cuya influencia contaminante es nula. De otra manera, se afirma que es una forma ideal en donde se puede transportar otras clases de energía, especialmente las intermitentes, como la que proviene del sol, viento y mareas. Los que apoyan al hidrógeno lo consideran el más económico, lo cual hace de éste combustible el ideal y predominante; como gas se transportaría por tubería hacia los hogares, industrias, etc., que lo utilizarían en quemadores o en celdas de combustible para la generación de electricidad. El H_2 podría quemarse en motores, tal y como sucede con la gasolina y los productos provenientes del petróleo.

Presenta ventajas inigualables, es un combustible limpio y eficiente en los motores de combustión interna, así, también se piensa que tendrá futuro en la propulsión aérea, en donde beneficiará a la navegación por aire, que conteraía con un recorrido incrementado a 2 o 3 veces más, para un mismo peso de combustible común, su inconveniente radica en su almacenaje que debe ser necesariamente a bajas temperaturas.

El hidrógeno no es un combustible natural, pero puede sintetizarse a partir de combustibles convencionales o por fragmentación de moléculas de agua (incluyendo el agua marina) en hidrógeno y oxígeno, tal proceso electrolítico necesita consumir energía eléctrica que podría provenir de alguna alternativa energética.

El hidrógeno puede producirse por medios biológicos y por la fotosíntesis, sirviendo en éste caso cualquier materia orgánica, incluso la basura. De todos los procesos existentes el más adecuado para incrementarse a gran escala, parece ser el electrolítico, por ser el más práctico. El hidrógeno es un combustible que no contamina, aunque su manejo exige muchas precauciones, requiere tuberías con presiones semejantes a las del gas natural, el hidrógeno líquido se embarca en general, en tanques de ferrocarril o trailers, el manejo de éste material requiere práctica con respecto al equipo diseñado para mantenerlo seguro, una vez experimentando ya no es tan peligroso.

La contaminación visual que causa puede evitarse, si se transmite mediante tuberías subterráneas, que evitan pérdidas de energía; la localización de los servicios electrolíticos, debe buscarse que sea la óptima, para poder utilizar las fuentes de energía y facilitar la

dispersión de los contaminantes que provienen de generar Potencia.

El hidrógeno puede venir de fuentes ilimitadas pero variables de la energía, como son, el sol, el viento y las mareas, que al convertirse en hidrógeno incrementan sus ventajas y producen un potencial energético adicional. La tecnología de la relación hidrógeno -energía, es ya una posibilidad, aunque el costo de la producción eléctrica a partir del hidrógeno es actualmente mayor que su producción normal, se afirma que las ventajas que presenta en cuanto a almacenaje, transmisión y distribución lo hace muy atractivo. Se piensa por ello, que la energía del hidrógeno será vendida a un precio más bajo que el actual para la electricidad y más que el futuro precio del gas natural.

El temor del público al riesgo denominado síndrome de Hindenburg, es el principal obstáculo para incrementar el desarrollo energético del hidrógeno, prefiriéndose sustituirlo por el "económico" metanol, que es un compuesto sintético del hidrógeno sin riesgo alguno, barato y fácilmente adaptable a los automóviles, que podría ser un camino transicional hasta la llegada de un uso irrestricto del H₂.

A N E X O .

UN MODELO ENERGETICO.

La Universidad de Londres en 1972 manifestó sus objetivos de construir un modelo matemático para promover un sistema racional y válido de tomar decisiones para los gobiernos y las industrias dedicados al suministro energético. Sus consultores poseen una amplia experiencia en la construcción de programas lineales (LP) para la industria del petróleo, éstos modelos procuran la optimización de algunos criterios económicos que están sometidos a constricciones de tipo físico, financiero, político y social, ayudando al mejor uso de los recursos existentes, así como un ininterrumpido suministro energético a costo razonable.

La unidad de investigación de la energía pretende la construcción de un modelo que describa el sistema del mundo energético; tal acción principia con el sector del petróleo y el gas, sección de la energía industrial que es la más compleja e importante, por la variedad de materias primas disponibles y porque éstos combustibles abastecerán al Mundo marginado.

Un modelo debe estar orientado en diversas direcciones; incluir una descripción del funcionamiento en el transporte, con las limitaciones en la disponibilidad del embarque; representar las posibilidades de expandir la capacidad (en los campos del petróleo, su embarque y su refinación) por medio de inversiones; involucrar las fuentes primarias de la energía; añadir las actividades y constricciones financieras, las preguntas sobre la balanza de pagos; las dificultades políticas incorporarlas y medir su efecto sobre la solución óptima, y por último, ver los efectos sobre la estrategia seguida de los cambios de sistemas de demanda que implican costos marginales.

El modelo puede eventualmente extenderse por algunos períodos, para que la naturaleza y la medida temporal de las decisiones puedan ser examinadas (ejemplo, la sustitución de un combustible por otro, la rapidez en la inversión de transportes muy grandes para petróleo crudo y para servicios portuarios en aguas profundas).

Un macromodelo de éste tipo puede alimentarse de cantidades y valores de modelos microdetallados, un ejemplo es el Sistema Nacional de Electricidad, en el que las decisiones de inversión son ostensiblemente dependientes de las disponibilidades y precios de los combustibles alternativos como gas, carbón, petróleo y nuclear. También es necesario proporcionar una carga base y una máxima para la generación de servi-

-cios. Antes de incorporar fuentes energéticas diferentes al petróleo y el gas, se estudian diversos problemas, como el desarrollo en los precios del primero como producto durante las pasadas décadas y su proyección a los años siguientes.

Una parte esencial de la construcción de un modelo, es la formulación de hipótesis que se someterán a prueba. Muchos de los modelos industriales para el petróleo contienen 6000 actividades sujetas a 2000 constricciones, al incorporar otras industrias de la energía el tamaño crece enormemente. El establecer una hipótesis acerca del camino que el modelo seguirá, en la comparación de su desarrollo actual con las proposiciones hechas, confiere dos tipos de beneficio, si el modelo confirma los resultados del primer razonamiento, se convierte en una seguridad; si es lo contrario, el modelo debe corregirse o el sistema estudiado debe entenderse en forma más profunda.

Todo modelo matemático infiere su validez de su concordancia con el mundo real, por tal motivo un modelo conceptual depende más y más del modelo matemático para afianzar su validez; es de tomarse en cuenta la confirmación del diagnóstico histórico, aunque los datos de ésta clase están raramente disponibles con un alto grado de detalle.

LA RESPUESTA DE LOS PRECIOS PRODUCIDOS POR LAS VARIACIONES DE COSTOS A UN CORTO PLAZO.

Puede observarse como los precios de un producto se determinan en corto plazo, mediante un proceso que es la parte más importante del mecanismo económico que regula la operación de la industria del petróleo.

El entendimiento cuantitativo de tal proceso es esencial para que los resultados obtenidos del modelo matemático sean útilmente aplicados e interpretados.

La principal hipótesis ofrecida para las consideraciones familiares a la economía clásica, es que en el equilibrio los precios son igual a los costos marginales. Tal efecto se logra en la operación de un mercado libre; en el caso de la industria petrolera, las constricciones presentadas por las naciones industrializadas, impiden algunas veces el mercado libre y consecuentemente influyen en los precios.

LA FORMA ESPERADA DE LA RELACION PRECIO/COSTO.

La hipótesis de la libre competencia predice que los precios estarán bajo condiciones de "estabilidad completa" es decir en equilibrio. Para predecir los precios en condiciones variables debe entenderse el mecanismo por el cual es establecido el equilibrio nuevamente; la teoría

indica que cuando el costo marginal difiere del precio, la oferta y la demanda se encuentran en desbalance y el precio tenderá al costo marginal. Esto viene a fundamentar una hipótesis adicional de que la relación entre la velocidad de cambio en el precio, así como la diferencia entre el costo marginal y el precio es una proporción directa, ésta es la forma más simple de relación matemática.

Aceptando la hipótesis adicional, la relación tiempo-dependencia entre el precio y el costo marginal es de una determinada forma matemática; sólo la constante de proporcionalidad permanece desconocida, la implícita relación consiste en que el precio común es la media ponderada de costos marginales anteriores. Suponiendo que estamos tratando con datos cuartílicos dejamos una constante de proporcionalidad que es b , es decir, el cambio de precio de un cuarto al siguiente es b veces la diferencia entre el precio común y el costo marginal; entonces el precio común será la media ponderada de los costos marginales, con sus pesos: $b, b(1-b), b(1-b)^2, \dots$

Esta clase de relación se familiariza con el estudio a corto plazo de los métodos de proyección y es llamada suavizamiento exponencial. La constante b debe tener un valor entre 0 y 1, si b está cercana a la unidad, los precios responden fácilmente a condiciones de cambio y son influenciados en forma mínima por el pasado histórico; un valor pequeño de b , implica que los precios responden a cambios lentos en los costos marginales.

MÉTODOS DE VERIFICACION EMPÍRICA.

Cuando es satisfactorio el modelo matemático desarrollado, representa aspectos técnicos de la industria; el trabajo de verificación del mecanismo propuesto para la determinación de los precios puede atacarse como sigue:

Primero, un campo adecuado de precios empíricos es una necesidad; el mecanismo propuesto puede tomarse como verificado si la secuencia de precios está de acuerdo con los predichos en el trabajo con el modelo, usando un valor adecuado de la constante de proporcionalidad.

Se necesita también una serie de valores de las variables exógenas relevantes del modelo, las más importantes de éstas son las gráficas de demanda, para éste propósito se recomienda como tiempo razonable un período de tres meses; productos de demanda cuartílicos pueden usarse, separados por regiones si es necesario.

Es importante contar con las restricciones relevantes para la

planta, así como la capacidad de embarque y la disponibilidad del petróleo crudo, los costos de operación de la unidad disponible, el costo en la industria de los diversos petróleos crudos, sus medios de transporte, etc.

En el manejo de una simple región, la información sobre el comercio exterior y los precios relativos de los productos puede ser igualmente significativos.

Dada ésta información, la optimización de los LP puede llevarse a efecto para cada una de las cuatro partes, el resultado incluirá series de costos marginales para cada producto con su correspondiente localización. Por el suavizamiento exponencial las series se comportarán como lo establecen los patrones anteriores; si no sucede así el modelo falla o una más elaborada hipótesis sobre precios y su determinación debe efectuarse.

LOS PRECIOS EUROPEOS DEL PETROLEO:

SERIES DE PLATT ROTTERDAM.

Se desarrolló un estudio, que tuvo como base los volúmenes de los precios Europeos publicados por la Platt's Oilgram, para el período de seis años comprendiendo desde mediados de 1966 hasta mediados de 1972. Se consideró 1966 porque en ese año los precios del petróleo fueron por primera vez reportados y sin ellos no podría aproximarse a un precio total "compuesto". Se emplearon tres series de precios, principalmente los de la gasolina regular, el gas oil y el combustible pesado con un contenido de azufre de 3.5 %.

La amplitud del volúmen Europeo de precios se ha extendido en los años recientes, los precios estuvieron dados para Italia y Rotterdam, en relación con un grupo detallado de productos, incluyendo la gasolina premium, combustible con bajo contenido de azufre y nafta. Los precios se relacionaron con el mercado de Rotterdam. Las cargas comprendidas fueron de 1000 Toneladas británicas.

Ha existido dudas acerca de la pertinencia de los precios para la industria energética, puntualizándose que sólo representa una pequeña proporción (tal vez un 5 o 10 %) de los productos de petróleo consumidos al noroeste de Europa, además se afirma que los precios están arbitrariamente influenciados por compras y ventas anustiosas. Pero los promedios basados en los precios de Platt parecen concordar satisfactoriamente con la hipótesis de que son precios competitivos auténticos de los productos del Mercado Europeo.

Para obtener una serie compuesta de precios de los productos,

se aumentaron las tres principales series ya mencionadas en proporción al consumo de los productos correspondientes en el área Europea. Los números usados fueron publicados trimestralmente en París. El área cubierta involucró a nueve naciones, España, Portugal, Suecia, Noruega, Finlandia, Islandia, Suiza, Austria, Grecia y Turquía. Un área menor pudo ser usada pero ésto no afectaba los resultados.

EL COSTO MARGINAL DEL PETROLEO CRUDO EN EUROPA.

Para establecer el costo total de la industria petrolera de Europa, a partir de sus múltiples abastecimientos de crudo, un azorador escalamiento de impuestos, costos de operación y métodos de transporte, se necesitaría un extenso estudio, afortunadamente, ésta dificultad puede evitarse por medio de un dispositivo familiar en los modelos LP dentro de la industria petrolera. El truco es establecer que en cualquier momento hay un número limitado de crudos marginales, llamados así los que tienen la capacidad de expandirse rápidamente para enfrentar cualquier necesidad de abastecimiento. Los costos son requeridos para tales crudos, ya que en el cálculo de cualquier LP, los valores se atribuyen automáticamente a los demás crudos en virtud de de las restricciones impuestas a su disponibilidad.

A través de todo el período considerado, los crudos marginales provinieron del Golfo Pérsico, además los costos para las compañías petroleras han sido incrementados por la multitud de impuestos gubernamentales, la contribución de los costos de operación al margen, son despreciables. El gobierno manifestó que el petróleo crudo de Middle East está representado por la siguiente expresión:

$$R = 0.125P + T(P - A - 0.125P - C)$$

En donde: P es el precio tope.

T es la proporción del impuesto (0.50 en Noviembre de 1970 y 0.55 en fecha posterior).

A es el total de los descuentos sobre impuestos hechos por convenios.

C son los costos de operación por barril.

Para el Costo marginal calculado, el término C carece de significación, porque para cualquier incremento en la producción de magnitud ΔK se acompañaría un decremento C de tal forma que el producto ΔK sería constante. El gobierno considera que el costo marginal por unidad de producción para una compañía productora es aproximadamente:

$$R = 0.125P + T(P - A - 0.125P)$$

$$M = 0.125P + TP - TA - 0.125PT$$

$$M = (0.125 + T - 0.125T)P - AT$$

$$M = (0.125 - 0.875T)P - AT$$

Los términos P y A están disponibles públicamente, gracias a los sumarios de la Allowance Schedules publicada por Petroleum Information Weekly. Los costos marginales de los crudos del Golfo Pérsico se calcularon, hallándose una pequeña diferencia, pero en su mayoría estuvieron de acuerdo con el modelo.

LA RELACION A LARGO PLAZO ENTRE LOS PRECIOS DE UN PRODUCTO.

Las hipótesis en el campo de los precios del producto toman la forma de simples ecuaciones, sugiriendo que el mundo está cambiando a un grado que las ecuaciones pueden tener validez o resentirse en un futuro cercano, por lo que un nuevo establecimiento se hace necesario. Para un período que comprende 1960 a 1972, se clasificaron tres categorías de productos, llamándolas fracciones pesadas a la porción del crudo cuyo punto de ebullición corresponde a los 350°C, destilados medios a los que se encuentran entre 200 y 350°C, y a los residuos se les denominó por conveniencia naftas.

La respuesta a los cambios en la estructura de la demanda del producto, puede describirse, al menos como una primera aproximación, para éstos tres productos con la siguiente expresión:

$$Y_n P_n + Y_m P_m + (1 - Y_n - Y_m) P_{hfo} \gg P_c + C_{edu}$$

Donde: Y_n es el rendimiento de nafta

P_n es el precio de la nafta

Y_m es el rendimiento del destilado medio.

P_m precio del destilado medio. P_c precio de los crudos.

$(1 - Y_n - Y_m)$ es el rendimiento de las fracciones pesadas del petróleo.

P_{hfo} es el precio de las fracciones pesadas del petróleo.

C_{edu} es el costo total de la unidad de destilación atmosférica por tonelada de crudo.

La justificación de ésta relación consiste en que la capacidad de destilación está aumentando por la existencia de un incentivo económico, si podemos hacer la suposición de que los precios de productos son

determinados en el mercado y se aproximan muy cercanamente al estado de perfecta competencia, entonces la desigualdad de la ecuación desaparece. La segunda relación es:

$$P_c = X$$

Ø en otras palabras, el precio del crudo está dado por el costo de la región de estudio es decir Rotterdam, o sea el costo marginal de producción más el flete e impuestos, para la mayoría de los períodos bajo estudio se trató con el crudo de Kuwait. Para los precios de otros crudos se hizo la relación al mismo crudo en forma fija. La tercera u cuarta ecuación son producto del hecho de que en la última década, el promedio por barril de crudo fué deficiente en destilado medio con relación al sistema de demanda; ésto dió como resultado la instalación de un proceso de cracking para convertir las fracciones pesadas del petróleo a destilado medio, así como la utilización de otras fracciones para el mismo objeto; por tal motivo el precio de la nafta se determinó por el existente de la gasolina:

$$P_n = P_m$$

Y el precio del hfo se determinó por:

$$P_{hfo} = X_m P_m - C_v/c$$

Donde X_m es la cantidad de nafta más el destilado medio (desde un margen puede desplazarse al otro);

Consecuentemente bajo la destrucción neta de una tonelada de hfo, C_v/c es el costo total de la unidad de destilación al vacío y cracking por tonelada de hfo. Estas cuatro ecuaciones son suficientes para determinar los precios de tres principales productos en términos del crudo, por medio del costo marginal para Rotterdam incluyendo los fletes, impuestos, regalías; y la solución es:

$$P_c = X$$

$$Y_n P_n + Y_m P_m + (1 - Y_n - Y_m) P_{hfo} = P_c + C_{cd}$$

Sí: $P_c = X$ entonces

$$Y_n P_n + Y_m P_m + (1 - Y_n - Y_m) P_{hfo} = X + C_{cd}$$

Puesto que $P_n = P_m$ se tiene:

$$Y_n P_m + Y_m P_m + (1 - Y_n - Y_m) P_{hfo} = X + C_{cd}$$

$$P_m (Y_n + Y_m) + (1 - Y_n - Y_m) Phfo = X - Ccdu$$

$$P_m (Y_n + Y_m) = X + Ccdu - (1 - Y_n - Y_m) Phfo$$

$$\text{Como } Phfo = X_m P_m - C_v/c$$

Sustituyendo:

$$P_m (Y_n + Y_m) = X + Ccdu - (1 - Y_n - Y_m)(X_m P_m - C_v/c)$$

$$P_m (Y_n + Y_m) = X + Ccdu - X_m P_m + X_m P_m Y_n + X_m P_m Y_m + C_v/c - C_v/c Y_n - C_v/c Y_m$$

$$P_m (Y_n + Y_m) = X + Ccdu - P_m (X_m - X_m Y_n - X_m Y_m) + C_v/c (1 - Y_n - Y_m)$$

$$P_m (Y_n + Y_m) + P_m (X_m - X_m Y_n - X_m Y_m) = X + Ccdu + C_v/c (1 - Y_n - Y_m)$$

$$P_m [Y_n + Y_m + X_m (1 - Y_n - Y_m)] = X + Ccdu + C_v/c (1 - Y_n - Y_m)$$

$$P_m [X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)] = X + Ccdu + C_v/c (1 - Y_n - Y_m)$$

$$\therefore P_m = \frac{X + Ccdu + C_v/c (1 - Y_n - Y_m)}{[X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)]}$$

Sustituyendo en la ecuación $Phfo = X_m P_m - C_v/c$

$$\begin{aligned} Phfo &= X_m \left[\frac{X + Ccdu + C_v/c (1 - Y_n - Y_m)}{X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)} \right] - C_v/c \\ &= \frac{X_m (X + Ccdu) + C_v/c X_m (1 - Y_n - Y_m)}{X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)} - C_v/c \end{aligned}$$

$$= \frac{X_m (X + Ccdu) + C_v/c X_m (1 - Y_n - Y_m) - [X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)] C_v/c}{X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)}$$

$$\begin{aligned} Phfo &= \frac{X_m (X + Ccdu) + C_v/c X_m - C_v/c Y_n - C_v/c X_m Y_n - C_v/c Y_m - C_v/c X_m Y_m + C_v/c X_m Y_n +}{X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)} \\ &\quad + \frac{C_v/c X_m Y_m - C_v/c X_m}{X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)} \end{aligned}$$

$$\therefore Phfo = \frac{X_m (X + Ccdu) - C_v/c (Y_n + Y_m)}{X_m + (Y_n + Y_m)(1 - X_m)}$$

CAPITULO III.

RELACION ENERGIA - MEDIO AMBIENTE

FUENTES DEL SO_2 , FORMA DE

ABATIRLO.

EFFECTO ENERGIA. CONTAMINACION.

Las fuentes de energía de una manera u otra contribuyen a alterar la ecología del Mundo; el agua, el aire y el suelo se ven afectados ostensiblemente por emisiones, partículas y toda clase de venenos que a la postre acaban con la vida marítima, la vegetal y hasta la humana, por lo cual debe procederse a su prevención, su control y su eliminación.

Si el problema de la escasez energética es grave, lo es también la contaminación que causa el consumo de ésta energía, por ello debe lucharse en la consecución de medios para obtener nuevas fuentes energéticas limpias con sus respectivos procesos depuradores, que junto con las importantes medidas socio-económicas podrán remediar en parte todos los problemas.

La siguiente tabla nos dá una idea de en que forma la energía actual influye en el medio ambiente:

ENERGETICOS ACTUALES Y SU INFLUENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE.

| FUENTE | CANTIDAD DE CONTAMINANTES | NOTAS |
|-------------|---|---------|
| Carbón | Ha sido la principal fuente de contaminación en Inglaterra y Estados Unidos por los años 60s. | Alta |
| Petróleo | | Alta |
| Gas Natural | | Regular |
| Hidráulica | | Baja |
| Nuclear | Solamente accidentes o mala operación del reactor. | Ninguna |
| Geotérmica | Solamente algunos polvos y gases que se pueden eliminar fácilmente. | Ninguna |
| Mareas | Ninguna | |

Fuente: Revista "Sistemas de Calidad", Julio-Agosto 1973.

En los países industrializados ya se efectúan actividades para el desarrollo de nueva tecnología en energía que tenga un efecto menor en la contaminación del ambiente, pero para ellos el interés es permitir el mantenimiento de su nivel de vida como último recurso, mientras que para los países en "vías de desarrollo", la intención es mejorar este nivel de existencia, y como aquellos conseguir un alivio mínimo en su medio ambiente - que implicaría la prolongación de la vida humana.

Todo lo que el hombre pide es vivir en un medio adecuado; la evidente interrelación entre energía y medio ambiente es un punto muy problemático, pues ha venido a plantearse el hecho de escoger entre dejar de producir "energía contaminante" o producirla con la envenenación lenta de toda la humanidad. La relación no puede desdenarse, por tal motivo es conveniente que diversas formas se adopten para remediar la auténtica crisis, desde un mejoramiento en la nueva tecnología, hasta evitar totalmente el despilfarro energético cuya consecuencia, la escasez - futura, es del todo evidente; cada nación debe adoptar tantas - medidas como le sean necesarias para lograr aunque sea relativamente resolver sus problemas muy particulares.

Todas aquellas soluciones que pudieran proponerse por desgracia no son de un efecto absoluto, ya que el mundo actual, posee una continua variación en los aspectos que afectan a tales remedios, como son el aspecto tecnológico, el político, el social, el económico, cuyas oscilaciones son al mismo tiempo rápidas. Al tratar de dar una solución a cualquier problema siempre surge una consecuencia, en el caso de la problemática que involucra la energía y el medio ambiente, sin duda resultará alguna, debiéndose prever con la debida anticipación para solventarla - en forma satisfactoria.

El estudio de la relación de la energía y cada uno de los contaminantes es de grande interés, el presente pone énfasis en el caso particular del dióxido de azufre, un contaminante que no es el principal.

Es bien conocido que los contaminantes son las partículas, emisiones, polvos, etc., y en general agentes químicos que afectan el aire, el mar y el suelo; que existen dentro del aire importantes polutantes como son en orden de importancia los gases:

- a) Monóxido de carbono
- b) Oxidos de nitrógeno
- c) Dióxido de azufre.

Todos ellos son extensamente estudiados, la literatura menciona procesos para su eliminación y controles para el mismo efecto, establecidos por las autoridades gubernamentales que vigilan la calidad del medio ambiente en los países desarrollados. El dióxido de azufre es pues un polutante cuyo crecimiento día a día se hace mas considerable suponiéndose que para 1980 su incremento alcanzará un 60 %.

EL DIOXIDO DE AZUFRE.

En general los compuestos de azufre son muy reactivos químicamente en solución, funcionando como agentes oxidantes y reductores, no es por ello una sorpresa la existencia de una relación estrecha entre el material dañado y los niveles atmosféricos de tales compuestos; las pinturas son adversamente afectadas, los materiales de construcción incluyendo los de mampostería han sido destruidos lentamente, los contactos eléctricos de instrumentaciones muy costosas se han arruinado, así también los textiles sufren decoloramiento y casi se disuelven; que decir de los objetos de arte, de los libros valiosos que se han deteriorado, los perjuicios sufridos por los vegetales que en ocasiones son letales, y si llega a incrementarse la concentración de éstos compuestos, el hombre mismo muere, ejemplo de ello es la ciudad de Londres en 1952, donde por tales causas hubo varias muertes.

Según la literatura no hay una clara diferencia entre el SO_2 y el SO_3 , por lo que algunos se refieren en forma general a los "óxidos de azufre". El SO_2 al combinarse con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico, que viene en detrimento del equipo en donde pudiera ocurrir tal reacción.

El SO_2 es emitido por las plantas generadoras de electricidad y las industrias principalmente; por ello sí se emplean combustibles fósiles de alto contenido de azufre, las emisiones de SO_2 serán mayores al realizarse la combustión de éstos. Los límites normales de exposición al dióxido de azufre son aproximadamente períodos de 8 horas para 5 partes por millón (ppm.), lo que es normalmente compatible con la mayoría de las operaciones donde se debe quemar combustibles y donde se controlan las emisiones promoviendo la dispersión del SO_2 mediante altas chimeneas.

Las altas concentraciones de SO_2 son mortales para aquellas personas que han sido afectadas por algún tipo de enfermedad respiratorio, como el enfisema pulmonar, sin embargo para los demás son muy tóxicas.

La vegetación se vé afectada si los niveles del suelo exceden de 0.5 ppm. de SO_2 , por ello muy a menudo en el área que circunda

las fundiciones, la vegetación está totalmente destruida. Por el daño que causan a los vegetales, los polutantes se clasifican en primarios y secundarios. Los primarios son los que se originan de una fuente específica como el SO_2 , y los secundarios son los que provienen de una reacción entre contaminantes primarios como el caso del ozono.

Las siguientes tablas nos dan una idea de que cantidades de SO_2 , en millones de toneladas se emiten en los Estados Unidos, de acuerdo a las diferentes fuentes que las producen:

| FUENTE | CONTAMINANTE SO_2 (OXIDOS DE AZUFRE). | |
|------------------------------------|---|------------------|
| | (Millones de Tons/año.) | |
| Transporte: | | |
| Automóviles | | 0.3 |
| Otros | | 0,1 |
| | | <hr/> |
| Total | | 0.4 |
| Combustión de Combustibles: | | |
| Plantas de electricidad | | 14.0 |
| Industria | | 5.5 |
| Uso residencial | | 1.8 |
| Otros | | 0.7 |
| | | <hr/> |
| Total | | 22.0 |
| Procesamientos: | | |
| Eliminación de basura | | |
| sólida | | 0.1 |
| Diversos | | 0.6 |
| | | <hr/> |
| Total | | 0.7 |
| Gran Total | | <hr/> <hr/> 30.3 |

Fuente: "Air Pollution & Industry," R. D. Ross.

Las cifras indicaron que después del CO₂ con 86.6 millones de toneladas al año, el SO₂ es el segundo contaminante, otra tabla que muestra la cantidad del dióxido de azufre emitido al año es la siguiente:

EMISIONES CONTAMINANTES DEL AIRE, 1970. (E.U.)

| Categoría de la Fuente | Total | Monóxido de carbono | Oxidos de Azufre. |
|--|--------------|---------------------|-------------------|
| CANTIDAD TOTAL | 260.4 | 148.6 | 29.2 |
| Transporte | 143.9 | 110.9 | 1.0 |
| Combustión (estacionaria) de combustible | 38.3 | 0.8 | 21.5 |
| Procesos industriales | 36.8 | 11.4 | 6.4 |
| Eliminación de basura | 11.1 | 7.2 | 0.1 |
| Diversos | 30.3 | 18.3 | 0.2 |
| PORCENTAJE DEL TOTAL POR FUENTE. | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Transporte | 55.3 | 74.6 | 3.4 |
| Combustión (estacionaria) de combustible | 14.7 | 0.5 | 73.6 |
| Procesos industriales | 14.1 | 7.7 | 21.9 |
| Eliminación de basura | 4.3 | 4.9 | 0.4 |
| Diversos | 11.6 | 12.3 | 0.7 |
| PORCENTAJE DEL TOTAL POR POLUTANTE. | 100.0 | 57.1 | 11.2 |
| Transporte | 100.0 | 77.0 | 0.7 |
| Combustión (estacionaria) de combustible | 100.0 | 2.1 | 56.1 |
| Procesos industriales | 100.0 | 31.0 | 17.4 |
| Eliminación de basura | 100.0 | 64.9 | 0.9 |
| Diversos | 100.0 | 60.4 | 0.7 |

Nota: Cantidades en millones de toneladas por año, Estimados.
Fuente: Energy and the Environment: A Collision of Crises.

Otros sectores ya en forma más particular emiten una gran cantidad de polutantes, todo ello sucede en E. U. como por ejemplo:

La refinación de petróleo: arrojó 8.4 billones* de libras de partículas como óxidos de azufre, hidrocarburos y monóxido de carbono. (3,813.6 millones de Kg.)

Las fundiciones de aluminio, cobre, plomo, cinc, etc., emitieron 8.3 billones de libras de partículas, principalmente óxidos de azufre. (3,768.2 millones de Kg.)

Una importante industria papelera, apartó 6.6 billones de libras de partículas como CO y óxidos de azufre. (2,996.4 millones de Kg).

El depuramiento de carbón y basura arrojó 4.7 billones de libras de óxidos de azufre y monóxido de carbono. (2133.8 x 10⁶ de Kg.)

El Coque usado en la manufactura del acero, dió 4.4 billones de libras de óxidos de azufre y monóxido de carbono. (1997.6 x 10⁶ Kg)
Todas éstas cantidades al año. * (Billones de E. U. A.).

Puede observarse de todos éstos datos las enormes cantidades de contaminantes que envenenan el aire natural cuya calidad evidentemente se hace cada día más dudosa, los siguientes datos muestran la composición de éste aire natural y algunos factores que son alterados por determinadas causas:

CONCENTRACION APROXIMADA.

| | | |
|--------------------------|-------|--|
| N ₂ | ..... | 78.3 % en Volumen |
| O ₂ | ..... | 20.99 % en Vol. |
| CO ₂ | ..... | 0.03 % en Vol. |
| Ar | ..... | 0.94 % en Vol. |
| Ne | ..... | 0.00123 % en Vol. |
| He | ..... | 0.0004 % en Vol. |
| Kr | ..... | 0.00005 % en Vol. |
| Xe | ..... | 0.000006 % en Vol. |
| H ₂ | ..... | 0.01 % en Vol. |
| CH ₄ | ..... | 0.0002 % en Vol. |
| N ₂ O | ..... | 0.00005 % en Vol. |
| Vapor de agua | ..... | Variable. |
| Partículas de materia .. | | ^a Variable, tipo y cantidad |
| Ozono (O ₃) | ..... | ^b Variable. |
| Fomaldehido CHCHO | ..... | ^c Variable incierta. |

^a Los tipos y concentraciones de éstas sustancias pueden variar ostensiblemente desde una región a otra y con cualquier período

de tiempo a partir de condiciones naturales.

^bPor las radiaciones ultravioleta y probablemente por las tormentas eléctricas, las concentraciones variarán desde 0 a 0.7 ppm.

^cPor las fuentes biológicas o la oxidación del CH₄ las concentraciones posibles no fueron determinadas.

Fuente: "Air Pollution & Industry", de R. D. Ross.

El aire para la vida vegetal es esencial, y si está contaminado impide ésta, veamos los posibles contaminantes del aire deterioradores de los vegetales:

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINANTES DEL AIRE,
PATOGENOS DE LA VEGETACION.

| CONTAMINANTE (millones de Tons/año.) | FUENTE | | GENERACION DE ELECTRICIDAD | CALEFACCION | QUEMA DE BASURA. |
|--|------------|-----------|----------------------------------|-------------|------------------------|
| | TRANSPORTE | INDUSTRIA | | | |
| Oxidos de azufre (SO ₂) | 1 | 9 | 12 | 3 | 1 |
| Hidrocarburos (O ₃ , PAN*) | 12 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| Oxidos de Nitrógeno (O ₃ , PAN*) | 6 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| Fluoruros (HF, SiF ₄) | | 1 | | | |
| Otros | 2 | 8 | 4 | 2 | 2 |
| Total | 21 | 24 | 20 | 7 | 5 |
| % | 28 | 30 | 26 | 9 | 7 |

* PAN es nitrato de peroxiacetaleno.

Fuente: "Air Pollution & Industry". de R. D. Ross.

Es sin duda de gran validez e importancia el poder determinar un pronóstico del efecto que para los años futuros tendrán los diferentes contaminantes relacionándoles con los avances tecnológicos, la siguiente tabla es justamente un pronóstico de ésta índole, que involucra a los contaminantes atmosféricos más importantes:

PRONOSTICO DE LAS RAZONES DE CONTAMINANTES
EMITIDOS A LA ATMOSFERA.

| | Aplicando solamente la Tecnología actual. | | Aplicando la Tecnología que se anticipa se desarrollará. | |
|---------------------|--|-----------|---|-----------|
| | 1980/1963 | 2000/1963 | 1980/1963 | 2000/1963 |
| Monóxido de Carbono | 2 | 4 | 1 | 1 |
| Hidrocarburos | 2 | 4 | 1 | 1 |
| Oxidos de Nitrógeno | 2 | 4 | 1.5 | 1 |
| Dióxido de Azufre | 2.5 | 5 | 2 | 0.5 |
| Partículas | 1.5 | 2 | 1.25 | 1 |

Fuente: "Interdepartamental Energy Study", Energy R & D and
National Progress, Ali Bulent Cambel.

Es indudable que el dióxido de azufre es el mayor polutante al menos hasta el año 1980; la generación de electricidad es la principal fuente de contaminación de ésta índole, si en los países como México es indispensable utilizar los hidrocarburos y el carbón cuando está disponible, la contaminación del SO_2 , aumentará gradualmente, por tal motivo sin un control efectivo, el problema será cada vez más intolerable

Las Tecnologías para la eliminación del SO_2 son estudiadas con ahinco, lográndose adelantos positivos, por ello para el año 2000 existe la confianza en Estados Unidos de controlar las emisiones de azufre y alcanzar un nivel más bajo que en 1963.

Si se quiere una mayor generación de electricidad debe también preservarse el medio ambiente que permita una vida normal, nuestra industria debe contribuir en la misma forma, ya que el peligro es inminente, pero al tomar una conciencia de tal situación, el sacrificio de una inversión bien puede contrarrestar fatales consecuencias.

ELIMINACION DEL DIOXIDO DE AZUFRE.

La concentración del dióxido de azufre en los gases de combustión vá a depender del contenido de azufre en el combustible, las cantidades de aire empleado, las cantidades de azufre incluidas en las cenizas, etc. Por ello un combustible petrolífero que contiene 3.5 % de azufre al quemarse con un 15 % en exceso de aire, producirá 0.2 % de SO_2 aproximadamente, en tanto que un carbón con un 4 % de contenido de azufre, con el mismo exceso de aire produce 0.25 % de SO_2 .

Los minerales sulfurosos al calcinarse producen concentraciones que pueden ser de 7 a 14 % de SO_2 , lo cual es útil para la manufactura del ácido sulfúrico por el "Proceso de Contacto"; éstas concentraciones dependen del mineral y la temperatura de calcinación. Los residuos de las plantas de éste proceso, generalmente se tratan para poder eliminar un 96 a 98 % del SO_2 y así los gases de descarga contengan sólo 0.2 a 0.5 % (es decir 2000 a 5000 ppm.), que en Estados Unidos es el rango de concentración permitido para los gases de combustión que provienen de combustibles con un contenido medio u alto de azufre.

Las emisiones de dióxido de azufre pueden controlarse siguiendo varios métodos, aquellos procesos que eliminan el azufre a partir del petróleo crudo o del petróleo residual, y que se dice están en etapa de planta piloto con graves impedimentos económicos a pesar de que su tec-

-nología está al alcance de la mano.

Una parte de las fracciones del petróleo como son el crudo, el residual, la nafta y el gas oil pueden eliminar su contenido de azufre mediante el proceso de hidrosulfurización, que se efectúa por una hidrogenación a temperatura y presión elevada, de aquí se obtiene el ácido sulfhídrico (H_2S), eliminándose con ello el S e incrementándose el grado de las fracciones petrolíferas. Desde luego el principal objetivo de tal proceso es elevar el octanaje de la gasolina, proporcionándole un mayor poder detonante, y sí posteriormente se sometiera a otros procesos, prevenir la posible contaminación de catalizadores debida a los óxidos de azufre formados.

Otros intentos se hacen para tratar de eliminar el azufre contenido en el carbón una vez que éste es preparado en una planta convencional; pero tal intento es un problema mayúsculo, se decía que al convertir el carbón en petróleo o en gas (licuefacción o gasificación), el azufre podría eliminarse fácilmente, pero tal conversión implica, como ya se mencionó, grandes problemas de tipo económico. Teóricamente al obtenerse una eliminación directa, se podría obtener de la misma forma un producto sólido, desulfurizado, quizá finamente fragmentado, pero todo ello no se hará realidad sino hasta iniciar tales operaciones aunque sea a nivel de laboratorio.

Por otro lado también existen los procesos depuradores, de las emisiones en Plantas Generadoras de Electricidad, como el caso del proceso Bayer, que es un "Proceso de Doble Contacto", y emplea una absorción intermedia del ácido con etapas de catalisis adicionales, es decir, convierte el SO_2 a SO_3 , de tal forma que las emisiones de los gases de descarga son de 100 a 120 ppm. También existen los procesos alcalinos para los gases con un alto contenido de SO_2 , pudiendo reducirlo a 500 y 1000 ppm en los gases de descarga.

Los procesos para tratar el SO_2 diluido que se encuentra en los gases de combustión, pueden clasificarse en dos categorías, los que efectúan la depuración a baja temperatura, liberando gases a la temperatura ambiental y produciendo un deterioro en los suelos de las cercanías, y aquellos procesos que se realizan a altas temperaturas y no liberan humo alguno, por tal motivo éstos últimos son los preferibles, ya que pueden adaptarse para el uso de un material adsorbente con el mismo combustible, o pasar los gases de la combustión a través de un lecho adsorbente. Todos los procesos son adecuados para la recuperación de subproductos que pueden significar grandes ganancias económicas y nuevas perspectivas industriales.

El equipo de los Procesos Depuradores tiene como función primordial eliminar los polutantes gaseosos, éstos al ser de variado tipo en su diseño, reúnen desde un reactor de Lecho catalítico, Depuradores Venturi, Filtros, Intercambiadores, Precipitadores, hasta una chimenea bien específica en cada caso.

Los Colectores para depurar los gases de casi todo tipo de impureza en general son:

- 1) Colectores Mecánicos:
 - a) Cámaras de sedimentación.
 - b) Cámaras de baffles.
 - c) Ciclones de alta eficiencia.
- 2) Filtros Fabricados:
 - a) Con depurado manual.
 - b) Con depurado automático de sacudimiento.
 - c) Con depurado automático de inyección inversa.
- 3) Depuradores Húmedos:
 - a) Tipo de Baffle de Choque.
 - b) Tipo torre empacada.
 - c) Tipo Venturi.
- 4) Precipitadores Eléctricos:
 - a) De campo simple.
 - b) De campo múltiple.

Los procesos especiales para eliminar el SO_2 pueden dividirse como lo menciona la literatura citada en las siguientes categorías:

- 1) Procesos de eliminación de Altas concentraciones de SO_2 . - Usados para los gases de fundiciones de minerales calcinados empleando:
 - a) Aminas aromáticas como dimetil anilina y mezclas de agua con xilidenos, para absorber el SO_2 ; ejemplo de éstos procesos es ASARCO de la American Smelting & Refining Co. que usa la dimetil anilina, y el proceso Lurgi Sulfine que emplea el sulfato de xilideno.
 - b) Soluciones de amoníaco acuoso como el proceso COMINCO que se usa en la calcinación del cinc, siendo un sistema de absorción.
 - c) Sulfato de aluminio como el sistema de la ICI y la Boliden Co. (Imatra Smelter of the Outakumpu Copper Co.).
 - d) Un lecho fijo que proporciona la oxidación catalítica.

-ca como es el caso del sistema de Lurgi Sulfacid.

2) Procesos que eliminan las bajas concentraciones del SO_2 .-

Todos los procesos anteriores menos el Lurgi Sulfacid, no son apropiados para las bajas concentraciones del dióxido de azufre, éstos sistemas emplean:

- a) Soluciones acuosas alcalinas (sulfato de manganeso), como lo hace el proceso de Battersea y Bankside en las estaciones generadoras del río Támesis.
- b) Soluciones de carbonato de calcio, como el proceso Howden ICI cíclico desarrollado en 1935.
- c) Soluciones amoniacales como en el proceso Fulham-Simon Carves, que utiliza soluciones de sulfato de amonio, también existen los sistemas de Mitsubishi, Mitsubishi oxihidróxido de manganeso ($\text{MnO}\cdot\text{OH}$).
- d) Masa Lux o Barro Rojo que es un producto residual de la extracción de la alumina a partir de la Bauxita, proceso desarrollado por Heavy Industries Ltd. Mitsubishi.

3) Procesos que utilizan la adsorción catalítica sobre sólidos.-

Todos ellos son sistemas que no trabajan a presiones elevadas, con excepción del que emplea carbonato fundido, debido al peligro de las emisiones de humo que deterioran el equipo, la clasificación de éstos procesos es:

- a) Los que utilizan un material adsorbente barato, que al reaccionar produce un compuesto desechable.
- b) Y los que permiten la regeneración del adsorbente que es caro, produciendo un compuesto como sulfato de amonio, ácido sulfúrico o simplemente azufre.

Estos sistemas de adsorción se hallan en gran número, pero en general se describen como:

- 1º) Los que trabajan con un lecho fijo, que actúa como un convertidor catalítico, en el que el SO_2 gaseoso se oxida a SO_3 y más tarde con vapor de agua forma sulfato de amonio u ácido sulfúrico en forma cristalina.
- 2º) Los que poseen un lecho fijo que actúa como un adsorbente con o sin la acción oxidante. El lecho se retira y es tratado en un segundo sistema, en donde se recupera el azufre en alguna de sus formas, regenerando nuevamente el catalizador.

- 3°) Aquellos métodos que introducen un adsorbente sólido en el mismo sistema de combustión, que al recorrer el horno en forma de polvo, reacciona, luego es recogido ya sea en un filtro o en un depurador que actúa en forma adicional.
- 4°) Los procesos en donde el adsorbente sólido se introduce con el combustible, luego es pasado al través de las zonas de combustión de la flama, sobre un determinado rango de temperaturas, afectando de ésta manera el equilibrio existente en la flama de SO_2/SO_3 , en la naturaleza corrosiva de los gases de descarga, en las regiones de alta temperatura de la caldera y en las radiaciones de la flama reduciendo así el SO_2 .

Hay bastantes ejemplos de tales procesos, muchos de ellos están en la fase de planta piloto, otros en cambio ya están en operación, por ejemplo el proceso Penelec, una oxidación catalítica desarrollada por varias firmas Estadounidenses, como Pennsylvania Electric Co., Air Preheater Co., Monsanto y Research-Cottrell Inc. o el proceso Kiyoura que emplea una inyección de amoníaco. Los catalizadores son variados y la tecnología está en busca de mejores cada vez, algunos de ellos son:

- a) El carbón activado.
- b) La alumina alcalizada, combinación de los óxidos de manganeso, sodio y aluminio.
- c) La Dolomita, combinación del carbonato de magnesio y el de calcio.

Todos ellos y muchos más son empleados y cuidadosamente estudiados en cuanto a comportamiento, costo, eficiencia etc. en países como Estados Unidos, el Reino Unido, Japón y Alemania.

BREVE DESCRIPCION DE TRES PROCESOS EXISTENTES.

El Proceso Lurgi Sulfacid es una oxidación catalítica y los gases que provienen de él, contienen 0.1 a 1.5 % de SO_2 que posteriormente se convierten en ácido sulfúrico, mediante un lecho fijo catalítico de carbón activado, la temperatura de operación es de 60 a 70 °C.

Cuando los gases de desecho procedentes de algún calcinador u otro proceso de combustión son enfriados, se pasan por los lechos catalíticos donde la conversión se efectúa. Estos lechos estan contenidos en cilindros de caucho bien sostenidos, cuando el ácido se ha formado en el catalizador, se recupera lavándolo y concentrándolo con el calor que traen los gases de la entrada en un 65 o 70 por ciento.

Las eficiencias logradas en tal proceso son del orden de 95 %, los gases de descarga poseen un contenido menor de 750 ppm. cuando la alimentación tiene 1.5 % de SO_2 , mientras para una alimentación de 0.3 % la descarga es de 150 ppm. En la operación del sistema debe prevenirse los inconvenientes que causan las partículas materiales, que pueden eliminarse con un Venturi, o como en el caso de otros procesos, utilizar un precipitador electrostático. Este proceso puede emplearse para la eliminación de concentraciones tanto altas como bajas del SO_2 .

El Proceso Kiyoura del Instituto Tecnológico de Tokio (Proceso Kiyoura TIT) emplea amoniaco que se mezcla con el SO_2 dentro de los gases de descarga, a temperaturas entre 220 y 260 °C para formar el sulfato de amonio. El aire que se usa para el precalentamiento, es preparado en una unidad de dos etapas, mientras el amoniaco se coloca en un mezclador Venturi, que se encuentra en medio de éstas dos etapas.

Exitosas pruebas se efectuaron en una planta piloto de 300 ft³/min., que estaba conectada a un horno cuyo combustible tenía 3.5 % de azufre, lográndose la depuración de los gases de combustión, pasándolos primero al través de un filtro de cerámica y luego por un catalizador (Pentóxido de Vanadio) colocado en tres capas; su temperatura de operación fué de 420 a 450 °C; la conversión lograda era de 91 a 93 %, con un espacio-velocidad de 50 ft³/(ft²)²min., para gastos mayores de los gases, se requiere enfriar éstos en un intercambiador, por otro lado, el amoniaco se mantiene a 140 °C mediante un enfriador tubular.

El sulfato de amonio una vez precipitado en un equipo electrostático que opera a 59-63 kV y alcanza una eficiencia de 97.5 %, se recupera en un 90 %, con pureza de 99.2 a 99.6 %, grado catalogado casi como reactivo.

El producto no es corrosivo y por ello aventaja al ácido sulfúrico

que presenta problemas inherentes de corrosión en su equipo. Las sustancias alquitranadas en los gases de descarga pueden envenenar el catalizador, así como afectar el producto, si la catalisis se realiza por debajo de una temperatura de 300 °C.

El Proceso Fulham-Simon Carves involucra en su operación un depurador de gases de combustión que utiliza soluciones amoniacaes. Soluciones de sulfato de amonio que provienen de torres depuradoras se introducen en un autoclave a 200 psi de presión y 170 °C de temperatura, durante un período de tres horas, con la producción de sulfato de amonio y azufre.

La primera Planta fué instalada en la estación generadora de Fulham en el año de 1939, mientras la segunda mayor en magnitud, se instaló en North Wilford (Nottingham) y manejaba un gasto de 56,000 ft³/min., sus gases residuales provenían de 120 toneladas de carbón con un 3 % de azufre, produciendo 2,000 libras de azufre por día.

Estimación del costo del Proceso Fulham-Simon Carves.
 (Consume 1600 Toneladas de Petróleo con 3.25 % de S).
 (Base 24 horas).

| Cantidad Usada | 275 MW. Costo, \$ | 600 MW. Costo, \$ |
|---|----------------------|----------------------|
| Inversión Total | 69 292 800.00 | 151 196 880.00 |
| Materiales: | | |
| Amoniaco ¹ 53 Toneladas | 132 500.00 | 288 850.00 |
| 78% H ₂ SO ₄ 25.4 Tons. | 20 320.00 | 44 297.60 |
| Servicios: | | |
| Vapor 500 Tons. | 75 000.00 | 163 500.00 |
| Electricidad ² 43,600 KW. | 30 100.00 | 65 618.00 |
| Agua ³ 1,470 Tons. | 2 940.00 | 6 409.00 |
| Mano de Obra 6 Hombres | 600.00 | 600.00 |
| Mantenimiento (4 % anual) | 7 594.00 | 16 554.92 |
| Cargos al Capital (14 % anual) | 26 578.00 | 57 940.04 |
| Total | 295 632.00 | 643 769.76 |
| Créditos: | | |
| Azufre ⁴ 20.2 Tons. | 30 300.00 | 66 054.00 |
| Sulfato de Amonio ⁵ 196.6 Tons. | 353 880.00 | 771 458.40 |
| | 384 180.00 | 837 512.40 |
| Costo Neto ... | -88 547.94 | -193 742.64 |
| Petróleo Consumido Tons./día | 1600 | 3488 |
| Costo/Ton., \$ | -55.34 | -55.55 |

¹ Amoniaco costo original \$2,350/Ton. costo promedio \$2,500/Ton.

² Electricidad, costo promedio 70 ¢ /KWh.

³ Agua, costo promedio \$2.00/m³

⁴ Azufre, costo \$1,500/Ton.

⁵ Sulfato de amonio, costo \$1,800/Ton.

Estimación del costo para el Proceso Sulfacid.
(Base 1 hora).

| | 120 MW. | 600 MW. |
|--|----------------|----------------|
| | Cantidad Usada | Costo, \$ |
| | | Costo, \$ |
| Capital | 29 473 500.00 | 147 367 500.00 |
| Servicios de Depuración: | | |
| Electricidad ¹ | 700 KWh. | 0.75 |
| Agua ² | 66,000 Gal. | 0.70 |
| Mano de Obra | 1 Hombre | 5.00 |
| Mantenimiento (3 % anual) | | 56.10 |
| Cargos al Capital (13 % anual) | | 243.00 |
| Total ... | | 305.55 |
| Servicios Recuperación del ácido | | |
| Pot. Eléctrica | 181 KWh. | 0.20 |
| Petróleo ³ | 0.67 Ton. | 0.25 |
| Agua (limpia) | 33,000 Gal. | 0.40 |
| Agua (alimentada a la caldera) | 740 Gal. | 0.10 |
| Mano de Obra | 1 Hombre | 5.00 |
| Mantenimiento (4 % anual) | | 44.90 |
| Cargos al Capital (13 % anual) | | 194.40 |
| Total ... | | 245.25 |
| Créditos: | | |
| 98 % H ₂ SO ₄ ⁴ | 1.8 Tons. | 1440.00 |
| Vapor (350 psia) | 2.8 Tons. | 420.00 |
| Total ... | | 1860.00 |
| Costo Neto | -1309.20 | -6586.00 |
| Petróleo consumido en Tons. | 29 | 145 |
| Costo/Ton., \$ | -45.15 | -45.42 |

¹Electricidad, costo promedio 70 ¢ /KWh.

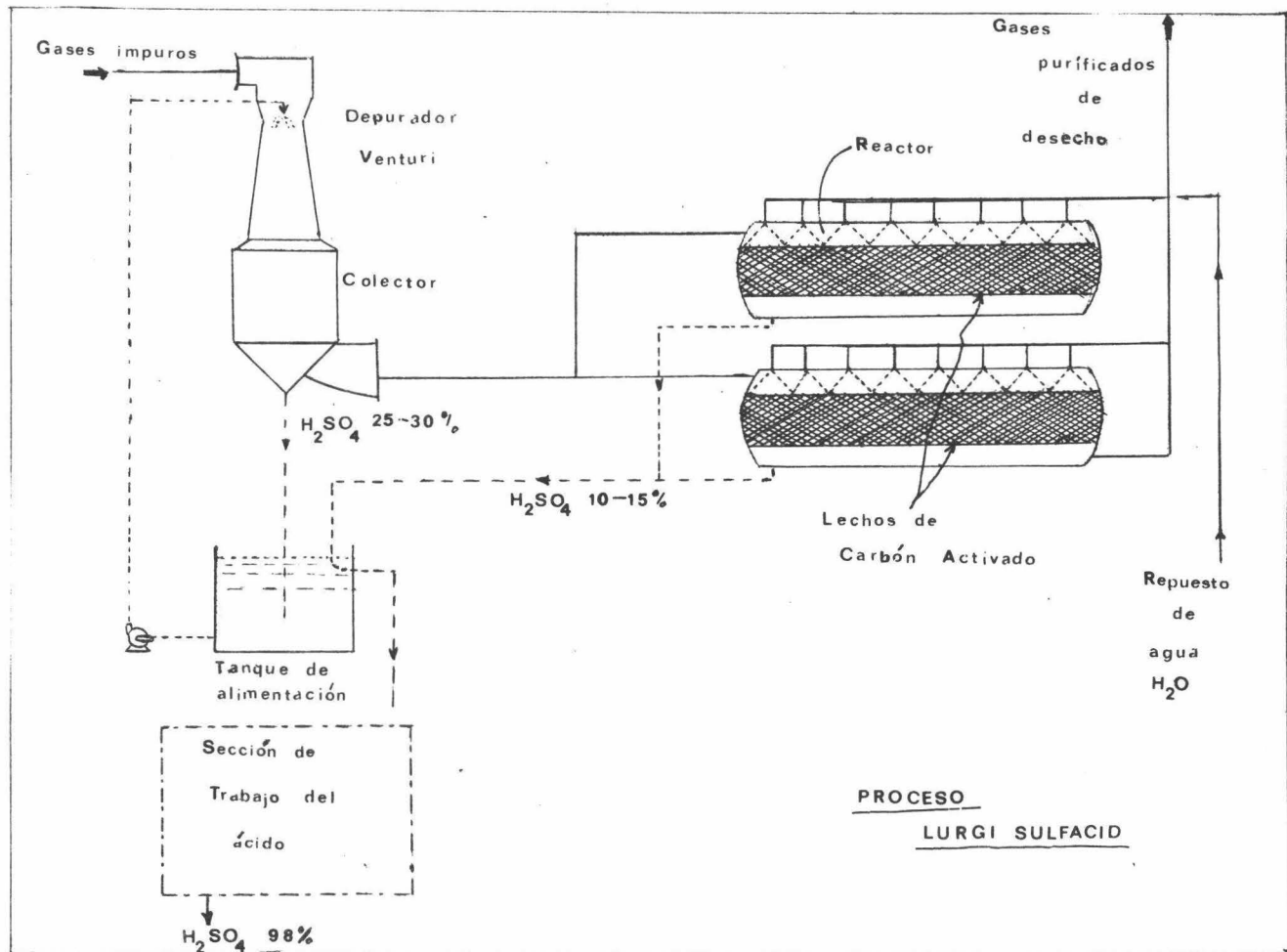
²Agua, costo promedio \$2.00/m³.

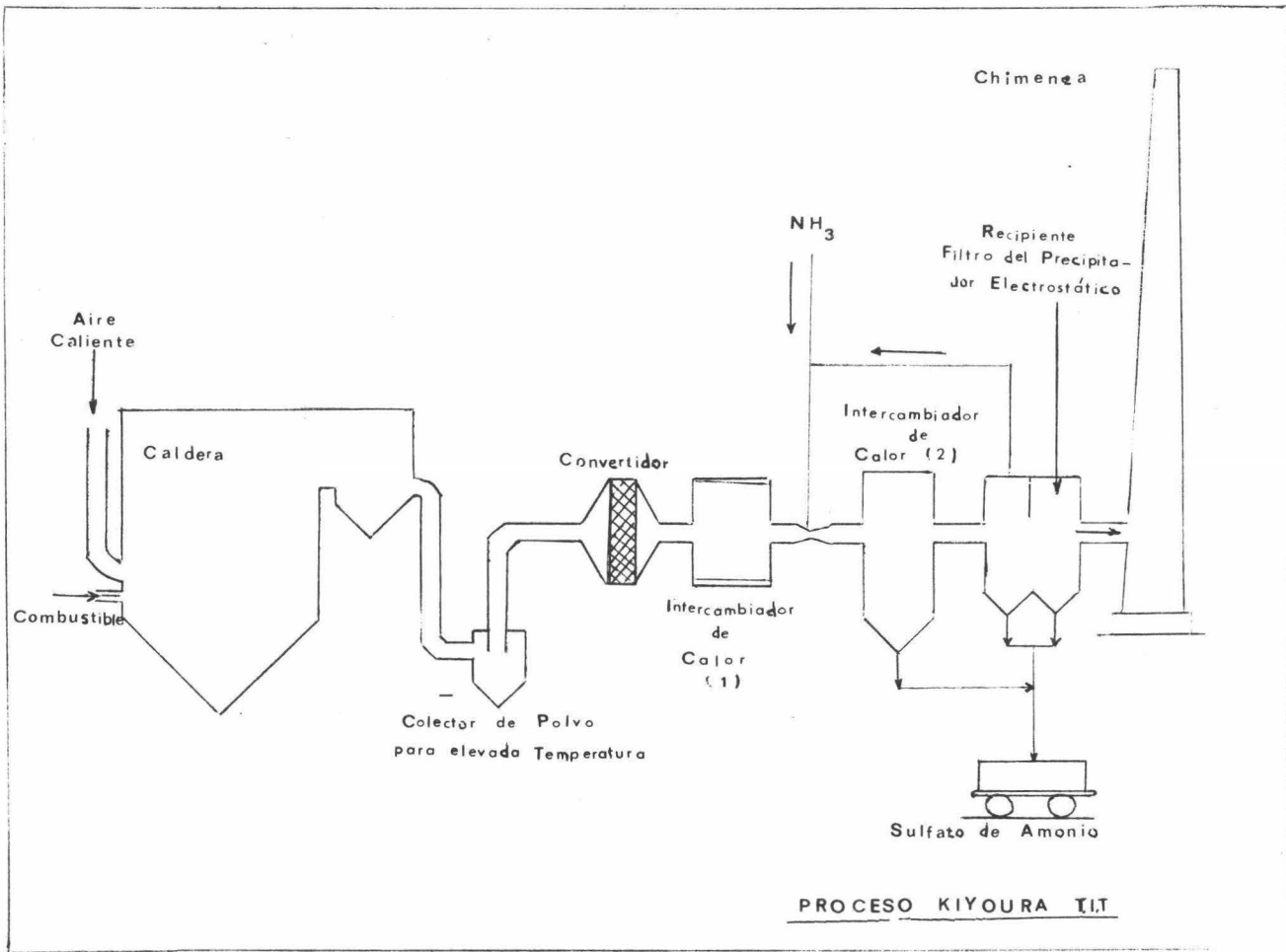
³Petróleo, costo promedio \$232/Ton.

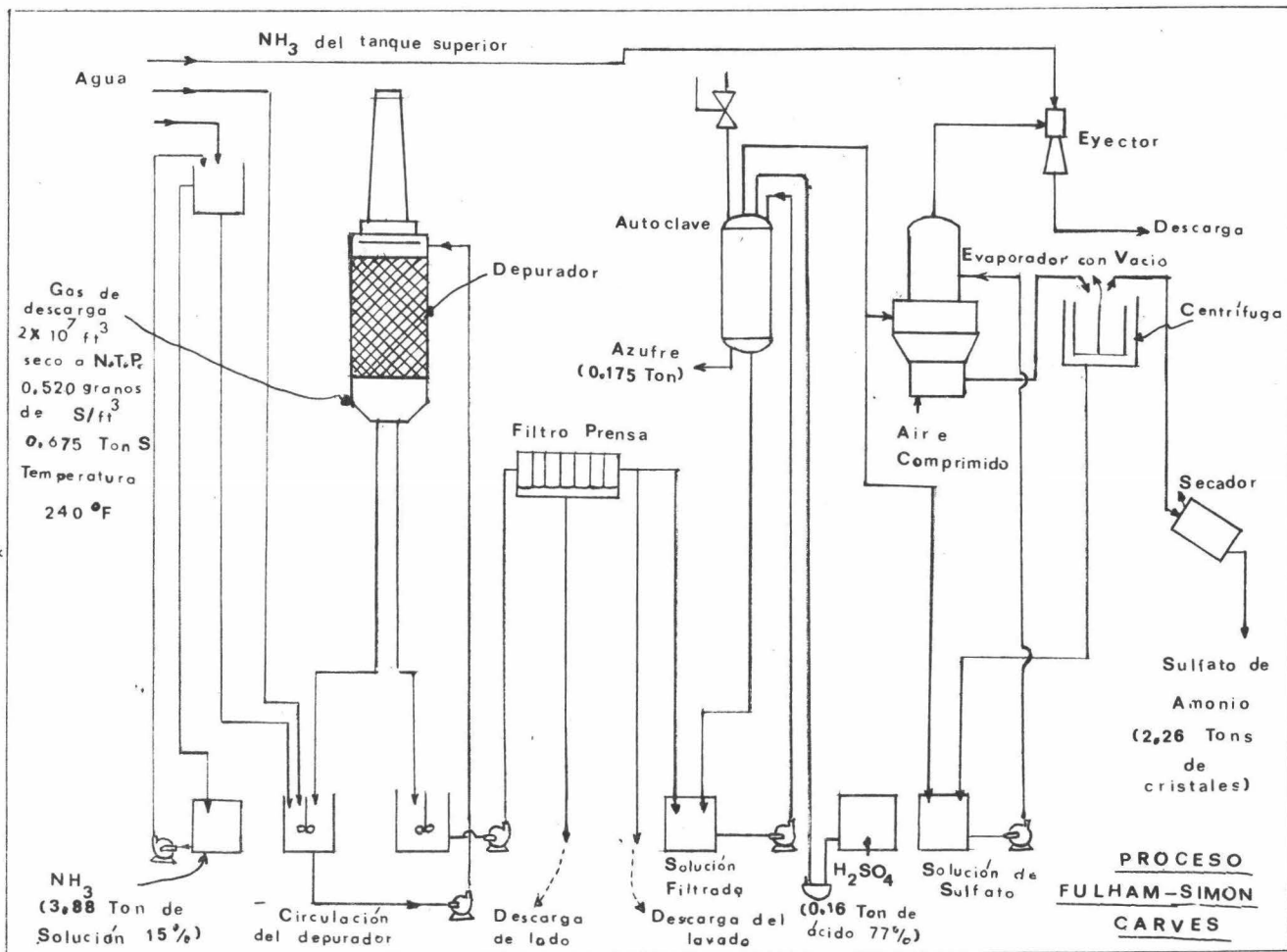
⁴Acido Sulfúrico, costo promedio \$800/Ton., Vapor, \$150/Ton.

Estimación del costo de operación para el Proceso
Kiyoura TIT. (Consumo petróleo con 3.6 % de S).

| | 600 MW. Costo, \$ |
|--|----------------------|
| Inversión de capital total: | 80 252 130.00 |
| Costos Directos: | |
| Amoniac: \$2,500/Ton. 15,187 Tons. | 37 967 500.00 |
| Combustible (petróleo) \$233/Ton. 22,048 | 5 137 184.00 |
| Electricidad: 0.70 \$/KWh. 24 millones de KWh. | 16 800 000.00 |
| Mano de Obra: 7 Hombres | 252 000.00 |
| Mantenimiento y Materiales de Planta (4 %) | 3 210 085.00 |
| Nómina de pagos promedio (18.5 % de la Nómina) | 14 846 644.00 |
| Suministro de operación (20 % del mantenimiento) | 642 017.00 |
| Costos Directos Totales: | 78 855 430.00 |
| Cargos al capital (14 % de la Inversión) | 11 235 298.00 |
| Costos Indirectos (Admon. prome- dio, 2.75 %) | 2 206 933.00 |
| Costos de Operación | 92 297 661.00 |
| Créditos-venta de sulfato de amonio, \$1800/Ton. 100,625 Tons. | 181 125 000.00 |
| Costo Neto ... | -88 827 338.00 |
| Costo neto de operación: \$/Ton. Petróleo combustible | -4 028.81 |







CAPITULO IV

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

El hombre que influye en todo lo que lo rodea, tiene a su alcance las medidas, las reglas, etc., que pudieran significar su mejor desempeño con respecto a ese todo, alterado cada vez con mayor evidencia. Cuando alguien se refiere a la contaminación o a la escasez energética, lo hace con cierta incredulidad y sin idea real de lo que sucede.

Varias ideas pueden sacarse de la presente exposición; el consumo de la energía es indispensable y cuanto más se consume, se favorecerá la ciencia y la cultura, el progreso se incrementará, pero esto no implicará un consumo irracional, que sólo cumpla con la función de proporcionar comodidades o bienes en forma ilimitada. Las dificultades presentes que hay que enfrentar, son económicas, sociales, ambientales y tecnológicas. México tiene un avance prudente en su tecnología con respecto a los países desarrollados.

En todo el Mundo se experimenta éste tipo de nivel problemático, las medidas a tomar son numerosas, cada país debe ajustarse a sus necesidades; mundialmente se requiere energía pero es también fundamental la preservación del Medio. ¿Como podemos resolver tan importante problema?; las soluciones a tal interrogante existen, algunas tan radicales como abolir el uso del automóvil o el ataque de gran magnitud a la industrialización progresiva, diciendo que la humanidad se está envenenando a medida que se industrializa, sí ésto es verdad, también lo es que no se puede permanecer inactivo, tener más confianza en la tecnología, impulsarla y llegar sin recurrir a elecciones desesperadas a soluciones que se encuentren bajo bases de raciocinio.

Aquí se esbozaron las estrategias seguidas en otra parte, para mejorar al mismo tiempo que obtener una nueva política energética, vemos así que la energía no es la principal fuente contaminante, pero se convierte en la más importante; ella debe entonces manipularse con gran cuidado, puesto que se necesita, deberá por tal razón conservarse, por ejemplo, que sucedería sí las reservas de fósiles que son dos veces la demanda acumulativa del año 2000, se agotaran; por ello los que estudian el tema, afirman con toda razón que deberemos esforzarnos más para los próximos años, sí deseamos obtener un nivel de subsistencia mínimo.

México tiene que disponer de una demanda energética a nivel nacional e internacional equilibrada, éste control se ejercería con una eficaz administración que podría contar con un racionamiento de los

combustibles fósiles y un crecimiento poblacional moderado.

Las alternativas energéticas deben tomar auge en la vida nacional, unificando los esfuerzos individuales y las acciones gubernamentales, pues sin una intervención efectiva por parte del Gobierno es bastante difícil desarrollar una actividad de índole investigativa que quizá no diera fruto en corto plazo, por tanto al estructurar tales factores se fundamenta la planeación.

Toda solución en forma ideal, funcionaría a un corto plazo como a uno prolongado, pero esto no se cumple en la realidad, por ejemplo, en el caso de las tendencias de los grandes mercados, se recomiendan tres medios como son: la coordinación, el racionamiento de las fuentes energéticas y el control equilibrado de la relación Demanda-Suministro. Los que planean en éste terreno, utilizan "variables", como el número poblacional futuro, las necesidades energéticas, etc., puntualizando el suministro futuro y las tendencias de demanda.

En particular México posee recursos, pero éstos son limitados, por ejemplo, durante 1972, la producción de petróleo constituyó el 0.89 % de la producción mundial y nuestras reservas eran al 0.47 % de las mundiales. La generación eléctrica ocupa el papel más preponderante y la explotación de nuestro carbón es una gran perspectiva. Por tanto de todo esto se puede advertir que debemos buscar y controlar la utilización de nuestros recursos existentes e ir a la búsqueda de otras alternativas energéticas cuyo efecto sobre el medio ambiente sea el mínimo.

La parte económica en cualquier proceso es primordial, en el caso específico del SO_2 como contaminante, se pueden observar innumerables procesos para su eliminación, muchos de los cuales están en fase de planta piloto, mientras otros están comercialmente disponibles; en ésta exposición se escogieron tres procesos que depuran los gases provenientes del consumo de petróleo combustible; existen otros procesos menos costosos, pero tales exclusivamente efectúan su función depuradora sin la obtención de un valioso subproducto. Con la producción de un elemento, compuesto químico que cubriera parte de las demandas nacionales y se proyectara al mercado internacional, en donde aumentaría su costo de venta, se lograría establecer una ventajosa competencia con otras naciones.

Es obvio que el proceso escogido es el Sistema de Kiyoura TIT, efectuando la comparación de su inversión y del costo que resulta por tonelada de combustible utilizada. En el caso de éste

proceso, su subproducto es el sulfato de amonio que no tiene ningún problema en cuanto a transporte como sucede con el ácido sulfúrico. Al elegir los procesos se toma en consideración que el petróleo es el actual combustible que posee en México el papel más preponderante, ya que los esfuerzos para aprovechar las reservas de carbón que se sospecha existen, están en su fase exploratoria.

Claramente de todo lo anterior podemos observar que la relación Energía-Medio ambiente es un aspecto de causa-efecto que se puede modificar de tal forma que resulte favorable al fin y al cabo para la Humanidad.

Finalmente se puede señalar dos aspectos fundamentales de ésta exposición como son los siguientes:

1) Se actuó en el sentido de escoger de los procesos existentes que tratan el SO_2 procesándole y produciendo de ésta manera un subproducto, que puede en el caso particular de México, constituir una importante fuente de divisas que provinieran del mercado exterior y que pudiera cubrir también el mercado nacional. Esta discriminación se realizó reuniendo la información que provee la literatura, que detalla las diversas características de cada uno de los procesos, las estimaciones para algunos de ellos indican cuales son menos costosos; en México dada la necesidad de producir materias primas tanto para el consumo interno como para su proyección hacia los mercados internacionales se deben señalar aquellos esfuerzos que cumplan con tales objetivos, y aunque los procesos aquí mencionados no son los únicos económicos, sí en cambio tienen características que entran en la presente situación general de nuestro país; México en el futuro poseerá plantas de generación eléctrica con capacidades quizá mayores a los 600 MW que requerirán procesos depuradores de alta eficiencia que conseguirán la conversión de un polutante en un agente químico útil.

2) La exposición pretende como una sencilla aportación, canalizar la atención para las publicaciones existentes sobre el tema de la Energía, sus alternativas, los estándares que controlan en otros países la calidad ambiental, los organismos informativos en los Estados Unidos de América; fuentes de la literatura que contribuyen al conocimiento cada vez más detallado que al incrementarse producirá como consecuencia lógica un avance, una curiosidad científica, que a posteriori, conformará un esfuerzo por solucionar la compleja maraña de problemas que paulatinamente se adivinan, prevén y palpan en la vida de las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFIA.

Con el deseo de aportar una información bibliográfica lo más representativa posible, a continuación se citan diferentes fuentes que clasificadas por tema se pueden consultar como sigue:

A.- PANORAMA HISTORICO.

- 1) Chauncey Starr.- "Energy and Power".- Scientific American, Septiembre 1971, Volumen 225, N° 3, páginas 37-49.

B.- CONSIDERACIONES SOCIO-ECONOMICAS.

- 1) Science and Technology in the World of the Future.- Arthur Browell.- John Wiley.
Capítulo 8 (Energy for a Restless World).
- 2) L. G. Brookes.- "Energy and Economic Growth".- Ind. Mark Management, N° 1, 1971.
- 3) H. C. Hottel.- "Technology and Future Needs".- Chemical Engineering Progress.- Junio 1973, Vol. 69, N° 6, págs. 35-39.
- 4) Ronald K. Jurgen and Gordon D. Friedlander.- "The energy outlook: ways to go".- IEEE Spectrum, Marzo 1974, págs. 83-87.
- 5) Carroll V. Kroeger.- "World energy: what future?".- Hydro-carbon Processing, Julio 1973.- Vol. 52, N° 7, págs. 57-61.
- 6) Fernand Spaak.- "An energy policy for the European Community".- Energy Policy, Junio 1973, págs. 35-37.
- 7) Peter R. Odell.- "Indigenous oil and gas developments and Western Europe's energy policy options".- Energy Policy, Junio 1973, págs. 47-64.

C.- NUEVAS FUENTES ENERGETICAS.

Nuevas técnicas energéticas, su funcionamiento, descripción y sus perspectivas:

- 1) Ali Bulent C.- Energy R & D and National Progress U.S.
Government Printing Office Washington D.C. 1965.
- 2) Millard Reed.- "La Crisis de la Energía".- Editores Asociados.
- 3) Rocks Lawrence and Richard P. Runyon.- "The Energy Crisis".- Editorial Crown.
- 4) Claude M. Summers.- "The Conversion of Energy".- Scientific American, Sept. 1971, Vol. 225 N° 3, págs. 149-160.

- 5) Stanley W. Angrest.- "Direct Energy Conversion".- Editorial Allyn & Bacon, 2^a Edición, 1971.

C1.- ENERGÍA NUCLEAR.

- 1) Theos J. Thompson.- "Nuclear Power Today and Tomorrow".- Chem. Tech. Agosto 1971.
- 2) Oscar A. Quinhillalt.- "La Energía Nuclear en el Mundo".- Revista Energía.- Buenos Aires.
- 3) La Tecnología Norteamericana Nuevamente se Encuentra Activa.- U.S. News & World Report.- 22 Enero 1973.
- 4) Fernando Alba Andrade.- "Energía Nuclear en México".- Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-Septiembre 1973.

C2.- ENERGÍA SOLAR.

- 1) Peter Glaser.- "New Directions for Solar Energy Application".- Reunión Continental "El Hombre y la Ciencia".Méx. D.F.
- 2) Peter Glaser.- Concept for a Satellite Solar Power System.- Chem. Tech. Octubre 1971.

C3.- LUTITAS BITUMINOSAS (SHALE OIL).

- 1) Oil Shale Economics Today.- World Petroleum, Mayo 1972.
- 2) B. E. Weichman.- "Oil Shale, Coal and the Energy Crisis".- Chemical Eng. Progress.- Mayo 1973.

C4.- CARBÓN.

- 1) "Más Energía a Partir del Carbón".- Industrial World en español.- Agosto 1972.
- 2) Siegel.- "Technology and Cost of Coal Gasification".- Mechanical Engineering, Mayo 1973.
- 3) Lic. José López Portillo.- Análisis de Energéticos (1a. Parte).- Conferencia organizada por la Sociedad Mexicana de Ingenieros. 23 de Mayo 1973.
- 4) Ing. Guillermo P. Salas.- "El Carbón en México".- Conferencia-cena de la Asociación de Geólogos Petroleros.- 23 Nov. 1972, México D.F.
- 5) Ing. Guillermo P. Salas.- "Algunas Consideraciones sobre el Carbón en el Problema Energético Nacional".- Revista Mexicana del Petróleo, Agosto-Septiembre 1973.
- 6) James D. Wall.- "King Coal's Rebirth".- Hydrocarbon Processing Mayo de 1974, Vol. 53, N° 5, págs. 89-91.

C5.- ENERGIA GEOTERMICA.

- 1) Se Impulsa la Energía Geotérmica.- IRS- Energy Developments.- 15 Enero 1973.
- 2) Situación Actual y Desarrollo del Sector Eléctrico.- Estudio de la Gerencia General de Planeación y Programación de la Comisión Federal de Electricidad.- 1971.
- 3) Energía Geotérmica a todo Vapor.- Informe Especial.- Obras, Junio 1974, págs. 30-35.

C6.- HIDROGENO.

- 1) La Economía del Hidrógeno.- Scientific American.- Enero 1973.
- 2) Prospects for Hydrogen.- Fueled Vehicles.- Chem Tech.- Agosto 1972.

D.- MODELOS DE ENERGETICOS.

Una publicación que presenta el estado de avance actual de desarrollo de los modelos matemáticos es:

- 1) Quantitative Models in the Energy Sector a Review of the State of the Art.- Sharko - John.- Decision Sciences Corporation.

Cabe aclarar que éste trabajo es bastante valioso ya que se critican los diferentes modelos que se han elaborado, sus ventajas, las áreas no cubiertas, así como los pronósticos obtenidos.

- 2) Jack Byrd.- "A Systems Model for Energy Planning.- West Virginia University Morgantown, W. Ua.
- 3) Energy Research Unit, Queen Mary College, London.- "World energy modelling: the development of Western European oil prices".- Energy Policy, Junio 1973, págs. 21-34.

E.- ENERGIA MEDIO AMBIENTE.

- 1) G. Alex.- Fossil Fuel Power + Pollution. Chem. Tech.- Enero 1973.
- 2) Miguel García Lara & Gerardo Bazan N.- "Energía y Medio Ambiente.- Trabajo presentado en la Reunión Continental sobre la Ciencia y el Hombre.- México, D.F. Julio 1973.
- 3) John Mclean.- "Energy & Ecology".- Chem. Eng. Progress.- Vol. 69, N° 5, Mayo 1973.
- 4) Ansley Coale.- "El Hombre y su Medio Ambiente.- Science.- Octubre 1970.
- 5) Energy and the Environment: A Collision of Crises.- Editorial Irwin Goodwin, The Washington Journalism Center, 1974.

- 6) **Energy, the Environment, and the Human Health.** Editorial Asher J. Finkel, American Medical Assn., 1974.
- 7) **Ross Richard D.- "Air Pollution & Industry".-** Editorial Van Nostrand Reinhold, Environmental Engineering Series, 1972.

Las siguientes fuentes tienen la información sobre el SO_2 .

- 8) **Werner Strauss.- "Air Pollution Control".-** Editorial Van Nostrand Reinhold, Environmental Engineering Series, 1971.
- 9) **Sidney Katell & K. D. Plants.- "Here's What SO_2 Removal Costs".-** Hydrocarbon Processing, 1967-68.- Reprint .- "Waste Treatment & Flare Stack Design Handbook".
- 10) **H. F. Elkin & R. A. Constable.- "Source/control of air emissions".-** Hydrocarbon Processing Octubre 1972.
- 11) **William D. Hunter Jr.- "Reducing SO_2 in stack gas to elemental sulfur".-** Power, Septiembre 1973.
- 12) **Air Pollution and Its Control.- AIChE Symposium Series, Vol. 68 N° 126, con diversos autores.**

F.- PRONOSTICOS.

- 1) **Lic. Arturo del Castillo.- "Perfil de México en 1980.-** Editorial Siglo 21.
- 2) **León Gaucher.- Energy in perspective, Chem. Tech. Marzo 1971.**
- 3) **Gerardo Bazán N. & Francisco Mondragón.- "Demanda de Combustibles en el Año 2000!"- Revista Mexicana del Petróleo.- Junio-Julio 1973.**
- 4) **Out Look for Energy in the United States to 1985.- The Chase Manhattan Bank.**
- 5) **Dennis Meadows.- "Los Límites del Crecimiento.- Fondo de Cultura Económica.**
- 6) **Nigel Calder.- "El Mundo en 1984".-** Editores Siglo XXI.
- 7) **G. F. Ray.- "Energy: Resources & Demand in this Century and Beyond.- Long Range Planning.- Marzo 1973.**
- 8) **Wiener.- The Year 2000.- The Mc Millan Company.**

G.- LA CRISIS DE ENERGIA.

- 1) **La Crisis de la Energía: Es Tiempo de Actuar.- Time Mayo 1973.**
- 2) **Energía.- Crisis y Desafío.- IEEE Spectrum, Mayo 1973.**
- 3) **Gunness.- "The Energy Crisis Real or Imaginary".-** AIChE Symposium Series, Vol. 69 N° 127, 1973.
- 4) **G. H. Curtis.- "Petrochemical Pricing and the Energy Crisis.- 71 National Meeting AIChE, Dallas 1973.**

- 5) Clair, David B.- "How Energy Cost Affect Petrochemical".-
Hydrocarbon Processing.- Mayo 1973.

FUENTES DE INFORMACION SOBRE ENERGIA.

Asociaciones.-

- Asociación Norteamericana de Gas,
605 3rd. Avenue,
Nueva York, Nueva York, 10016.
Instituto Norteamericano del Petróleo,
1271 Avenue of the Americas
Nueva York, Nueva York, 10020.
Foro Atómico Industrial,
850 3rd. Avenue,
Nueva York, Nueva York, 10022.
Instituto Eléctrico Edison,
750 3rd. Avenue,
Nueva York, Nueva York, 10017.
Asociación Independiente de Gas Natural
de los Estados Unidos,
918 16th. Street, N.W., Suite 501
Washington, D.C., 20006.
Asociación Nacional del Carbón,
1130 17th. Street, N.W.
Washington, Distrito de Columbia, 20036.
Asociación Nacional Eléctrica Cooperativa Rural
2000 Florida Avenue, N.W.
Washington, D.C., 20009.
Sociedad de Energía Solar
Universidad del Estado de Arizona
Tempe, Arizona, 85281.

Agencias del Gobierno.

- Oficina de Minas
Departamento del Interior de los Estados Unidos
Washington, D.C., 20240.
Oficina de Recuperación
Departamento del Interior de los Estados Unidos
Washington, Distrito de Columbia, 20240.
Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio,
Washington, D.C., 20546.