

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"EL PROBLEMA ENERGETICO EN MEXICO"

(TEMA MANCOMUNADO)

86

EDUARDO HUGO DOMENZAIN DE LA CONCHA

ANDRES GOMEZ CHAVEZ

INGENIERO QUIMICO

1 9 7 4.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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. Mt 81



PRESIDENTE: Enrique Villarreal Domínguez

 VOCAL: Alfonso Bernal Sahagún

SECRETARIO: Guillermo Barraza Ortega

1er. SUPLENTE: Cutberto Ramírez Castillo

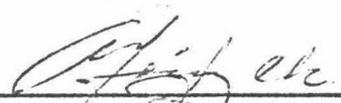
2ª SUPLENTE: Gilberto Villela Telloz

FACULTAD DE QUIMICA

U.N.A.M.

E H D J L

Eduardo Hugo Domenzán de la Concha

  
Andrés Gómez Chávez

ASESOR DEL TEMA:

  
Alfonso Bernal Sahagún.

"COMO EL LABRADOR Y EL SEMBRADOR. TRABAJA LA SABI-  
DURIA Y CUENTA CON SUS MEJORES FRUTOS, QUE UN PO  
CO TE FATIGARAS EN SU CULTIVO, Y BIEN PRONTO COME  
RAS DE SUS PRODUCTOS".

**ECLESIASTICO 6 : 19**

**EL SEÑOR HA ESTADO GRANDE CON NOSOTROS Y ESTAMOS  
ALEGRES.**

ESTA TESIS ES EN RECONOCIMIENTO A LA LABOR QUE  
DIOS EMPEZO A REALIZAR A TRAVES DE MIS PADRES  
Y HERMANA, CONTINUANDO CON EL INGENIERO ALFONSO  
BERNAL, COMPAÑEROS Y AMIGOS Y QUE HA LOGRADO SU  
PLENITUD EN MI ESPOSA.

ANDRES GOMEZ CHAVEZ.

DOY GRACIAS A DIOS QUE A TRAVES  
DE MIS PADRES, HERMANOS Y LOUR-  
DES HA LLEGADO A MANIFESTARSE —  
EN ESTA TESIS.

EDUARDO HUGO DOMENZAIN DE LA CONCHA

## C O N T E N I D O

- I.- INTRODUCCION
- II.- GENERALIDADES
  - a) Fuentes de Energía más explotadas
    - 1.- Petróleo y Gas
    - 2.- Carbón
    - 3.- Energía Nuclear
  - b) Fuentes de Energía menos explotadas
    - 1.- Energía Solar
    - 2.- Energía Geotérmica
  - c) La Electricidad
- III.- FUENTES DE ENERGIA EN MEXICO
  - 1.- Petróleo y Gas
  - 2.- Carbón
  - 3.- Energía Nuclear
  - 4.- Energía Geotérmica
- IV.- LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO
- V.- ENERGIA SOLAR COMO FUENTE INAGOTABLE DE ENERGIA
- VI.- FUENTES AUXILIARES DE ENERGIA
- VII.- CONCLUSIONES Y POLITICAS A SEGUIR
- VIII.- REFERENCIAS

I.- INTRODUCCION

En general, los estudios que se han llevado a cabo para encontrar el origen de la crisis mundial de energéticos, presentan dos teorías: una de estas teorías, defiende que la fuente de dicho problema es la escasez física de los recursos no renovables; la otra postula que la razón principal es la especulación que se hace de los energéticos, persiguiendo fines políticos.

Sea cual fuere el origen de esta situación, dan como resultado un alza de precios, y llevan al ser humano a un estado de constante preocupación.

Ante este hecho, se pensó en elaborar una monografía, que incluyera: Los recursos con que cuenta México, la explotación que se ha llevado a cabo de ellos, la aplicación y desarrollo de los mismos, y posibles políticas a seguir, con el objeto de introducir a hombres dedicados en vida, al bienestar de un mundo mejor, a la búsqueda de medios adecuados, no solo para solucionar momentáneamente la situación, sino para que con sus descubrimientos, se de una estabilidad y tranquilidad, que hagan que el hombre se eleve a una dignidad humana, que transforme los ámbitos de muerte y discordia y trascienda sus fronteras en la lucha por la paz mundial.

II GENERALIDADES.

## II.- GENERALIDADES

### A) FUENTES DE ENERGIA MAS EXPLOTADAS

#### 1.- Petróleo y Gas

##### 1.A.- Petróleo

- a) Etimología
- b) Definición
- c) Elementos químicos
- d) Fórmula
- e) Origen
- f) Características
- g) Antecedentes históricos

##### 1.B.- Gas

#### 2.- Carbón

- a) Antecedentes
- b) Tipos de carbón
- c) Características y aplicaciones

#### 3.- Energía Nuclear

- a) Antecedentes
- b) Características
- c) Aplicaciones

### B) FUENTES DE ENERGIA MENOS EXPLOTADAS

#### 1.- Energía Solar

- a) Antecedentes
- b) Características
- c) Aplicaciones
- d) Situación contemporánea

#### 2.- Energía Geotérmica

- a) Antecedentes y aplicaciones
- b) Características

### C) LA ELECTRICIDAD.

A) FUENTES DE ENERGIA MAS EXPLOTADAS

1.A.- Petróleo y Gas.

a) Etimología.- La palabra petróleo, castellanizada del latín petroleum, (petra-piedra y oleum-aceite), significa aceite de piedra. El vocablo chapopote o chapapote es castellanización de la palabra Náhuatl chapopoctli, de cháhuatl = grasa y pocti = humo.

b) Definición.- El petróleo es un compuesto complejo de hidrocarburos, que son una combinación de carbono e hidrógeno exclusivamente.

c) Elementos Químicos en el petróleo crudo.- Al analizar petróleos de procedencias diversas, se puede decir, de manera general, que lo forman los siguientes compuestos:

carbono	de 76 a 86 por ciento
hidrógeno	de 10 a 14 por ciento

En ocasiones puede contener mezcladas algunas impurezas, como oxígeno, azufre y nitrógeno. También se han encontrado huellas de compuestos de hierro, níquel, vanadio y otros metales.

d) Fórmula.- Por los análisis de petróleos de orígenes distintos, se puede decir de una manera general, que la fórmula de los hidrocarburos saturados ( $CH_4$ ) es:  $C_n H_{2n+2}$  de la serie del metano;  $C_n H_{2n}$  de la serie del etileno y  $C_n H_{2n-2}$  de la serie del acetileno.

e) Origen.- No se sabe exactamente como se formó el petróleo en el subsuelo. Las teorías de su origen se siguen discutiendo hasta la fecha. Varios químicos famosos, entre ellos el ruso, Mijail Basilievich Mendeleiev (1834 - 1907) en 1877 y el Francés Paul Sabatier (1854 - 1941) en 1902, defendieron el origen mineral.

Otros investigadores se inclinan por el origen orgánico, sosteniendo que proviene de la descomposición de residuos animales y vegetales que

se han transformado en aceite. Este origen se demuestra al comprobarse que los terrenos en los que se ha formado, no han estado nunca a una temperatura superior a 38 grados, lo que descarta la teoría del origen mineral, ya que la obtención a partir de carburos metálicos requiere temperaturas mucho más elevadas. Los estudios recientes hechos en laboratorio, con análisis de rocas petrolíferas de campos productores, parecen confirmar un origen orgánico, ya que se han encontrado en ellas, ciertas propiedades ópticas, que sólo se localizan en las sustancias orgánicas, por otro lado, el contenido de nitrógeno y otras sustancias en el petróleo, sólo puede proceder de materiales orgánicos. También nos puede confirmar el origen orgánico, el hecho de que la mayor parte de los yacimientos en el mundo se localiza en lugares que fueron ocupados por lagos y mares hace millones de años.

f) Características del Petróleo.- Se encuentra en el subsuelo, impregnado en formaciones de tipo arenoso o calcáreo, asume los tres estados físicos de la materia: sólido, líquido y gaseoso, según su composición y la temperatura y presión a que se encuentra. Su color varía entre el ámbar y el negro, su densidad es menor que la del agua, en estado gaseoso es inodoro, incoloro e insípido, por lo que como medida de seguridad se le mezcla un mercaptano (compuesto sulfuroso), para detectar su presencia y evitar intoxicaciones; puede hallarse sólo o combinado con el petróleo líquido dentro de un mismo yacimiento. En el subsuelo, se encuentra generalmente encima de una capa de agua, hallándose en la parte superior una de gas. El petróleo no se encuentra distribuido uniformemente en las capas del subsuelo, es necesario que concurren cuatro condiciones para dar lugar a un yacimiento donde se acumula petróleo y gas:

i) Una roca almacenadora que debe ser permeable, en forma tal, que bajo presión, el petróleo pueda moverse a través de sus poros de tamaño microscópico.

ii) Una roca impermeable, que evitará que el petróleo escape hacia la superficie.

iii) El yacimiento debe tener forma de "trampa" es decir, que las rocas impermeables se encuentren dispuestas en tal forma que el petróleo no pueda moverse hacia los lados.

iv) Deben existir rocas generadoras, que se hayan convertido en petróleo por el efecto de la presión y la temperatura.

Las rocas almacenadoras en que se ha encontrado el petróleo, son de muy diversas edades geológicas. En el siguiente cuadro se muestra la edad-geológica de las rocas productoras en algunos países

<u>ERA</u>	<u>PERIODO</u>	<u>PAIS</u>
CENOZOICO	TERCIARIO	Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Francia, Irán, Irak, México, Perú, Rumania, Trinidad, - Unión Soviética, Venezuela
	CRETACICO	Alemania, Argentina, Egipto, - Estados Unidos, Medio Oriente, México, Unión Soviética.
MESOZOICO	JURASICO	Alemania, Estados Unidos, México, Unión Soviética.
	TRIASICO	Alemania.
	PERMICO	Alemania, Estados Unidos, - Unión Soviética.
	CARBONIFERO	Canadá, Estados Unidos, Unión Soviética.
PALEOZOICO	DEVONICO	Canadá, Estados Unidos, Unión Soviética.
	SILURICO	Estados Unidos.
	ORDOVICICO	Estados Unidos.
	CAMBRICO	Estados Unidos.

g) Antecedentes Históricos.- El petróleo ha sido empleado en diver

sas formas desde hace muchos siglos: En la Biblia aparece con el nombre de betún-mineral combustible; Noé lo utilizó como impermeabilizante para proteger y calafatear su arca; los babilónios y los asirios, lo empleaban para alumbrado en sustitución del aceite vegetal y como cemento en sus construcciones; los árabes y los hebreos para usos medicinales; los romanos para destruir naves enemigas; los egipcios en sus prácticas de embalsamamiento, en las pinturas de los muros de sus tumbas se aprecian vestigios de él; los chinos fueron los primeros en utilizar el gas natural para alumbrado, sirviéndose de tubos de bambú y, también como elemento de guerra en forma de aceite hirviendo o granadas de fuego.

En el Distrito de Bakú, Rusia, en el Mar Caspio, los manantiales de petróleo y gases combustibles servían para mantener fuego que consideraban sagrado los seguidores de algunas sectas, y que ardió hasta 1880, en que fué apagado por orden del gobierno ruso. Estos manantiales son los más grandes y más antiguos de que se tiene noticia.

Los indios de América empleaban el petróleo para impermeabilizar sus canoas, antes de que el hombre blanco llegara al nuevo continente; en México, los totonacas de la región de Papantla, lo recogían de la superficie de las aguas para utilizarlo como medicina y como incienso para sus ritos; algunas tribus que habitaron las costas mexicanas lo masticaban para limpiar y blanquear su dentadura.

Amado Argand, físico, matemático y químico italiano, (1755 - 1803), inventó en el año 1784 una lámpara de corriente de aire, con mecha hueca y redonda, protegida por un tubo cilíndrico de vidrio, que reducía notablemente los inconvenientes del humo. Más tarde el farmacéutico francés, Antoine Lavoisier, empleado al servicio de Argand, hizo algunas modificaciones a la lámpara y le puso su nombre. Con el descubrimiento de esta lámpara, se introdujo un nuevo uso al petróleo, que pronto comenzó a generalizarse a fines del siglo XVIII no obstante que el petróleo crudo — así empleado se inflama fácilmente dejando al arder residuos bituminosos.

En Estados Unidos se estudió la forma de obtener del petróleo, líquidos adecuados para arder en lámparas de alumbrado que no representaran los inconvenientes antes citados.

Samuel M. Kier, convencido del valor del petróleo como medicina, abrió un establecimiento en Pittsburgh en el año de 1847, donde vendía petróleo embotellado con el nombre de "Carbon Oil", bajo el señuelo de que curaba todos los padecimientos tanto de los seres humanos como de los animales. Por pensar que el petróleo podría tener otros usos, partió rumbo a Filadelfia, donde consultó a un prominente químico y regresó convencido de que destilando el petróleo, se podía obtener un buen iluminante, por lo que decidió construir un alambique y comenzó a destilar el primer barril de petróleo en 1850, convirtiéndose en el precursor de la refinación en América.

Cinco años más tarde, el profesor Benjamín Silliman Jr. (1816 - 1885) - químico norteamericano del Yale Collage, concluyó su estudio sobre la refinación del petróleo, basado en la destilación fraccionada, que es método empleado aún en nuestros días. Este procedimiento fué rápidamente adoptado y pronto se presentaron en el mercado petróleos de quemar - o kerosinas, que al arder no dejaban residuos ni se inflamaban al contacto de una cerilla encendida, sino únicamente si tenían impregnada una mecha.

Las primeras fuentes de abastecimiento de petróleo fueron las llamadas-chapopoterías, donde el aceite llegaba a la superficie a través de las fracturas de las capas del subsuelo.

El residuo de la destilación, conocido con la palabra rusa "mazut", puede substituir con ventaja al carbón en las calderas de las locomotoras, por lo que a fines del siglo XIX, se empleaba como único combustible en la mayoría de los ferrocarriles americanos. En el siglo XX empezó a utilizarse en la flota inglesa, por iniciativa del segundo Lord del Almirantazgo, Fisher de Kilbestone. Actualmente su uso es general en los-

buques de guerra, por las grandes ventajas que ofrece respecto del carbón, tanto por su más fácil manejo, como por su mayor poder calorífico - (un kilogramo de mazut, proporciona al arder 11,000 calorías, mientras - el mejor carbón, no llega a 9,000).

Karl Benz (1844-1929), Ingeniero Mecánico e inventor Alemán precursor de la industria automotriz y del modelo de automóvil "Mercedes Benz", comenzó a diseñar y armar un motor de dos velocidades en 1877. En 1886, construyó el primer automóvil impulsado con motor de gasolina; el 29 de enero del mismo año, obtuvo la patente y en julio del propio año lo condujo por la ciudad de Mannheim. Este automóvil se componía de: motor de gasolina; sistema de enfriamiento a base de agua, ignición eléctrica y diferencial de engrane, que podía desarrollar una velocidad de un poco más de 15 kilómetros por hora. El invento del señor Benz, trajo como consecuencia el uso del petróleo como carburante en los motores de combustión interna, generalizándose en el siglo XIX el uso de la gasolina, que anteriormente no tenía valor comercial. Desde aquel año de 1859, la producción mundial de petróleo había aumentado considerablemente, y para 1873 era de once millones de barriles; en 1901 de 167 millones, en 1938 de 2,158 millones y para 1973 de 16,771 millones de barriles.

Los estudios realizados en laboratorios de varios países han demostrado que del petróleo también se pueden obtener: aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas y proteínas.

### 1.8.- GAS

Como bien se sabe, tanto el gas licuado de petróleo (que en lo sucesivo se denominará "gas LP") como el gas natural, son hidrocarburos.

El gas L.P. está compuesto predominantemente por los hidrocarburos butano y propano o sus mezclas y contiene como impurezas principales propileno y butileno.

Por su parte, el GAS NATURAL se compone de hidrocarburos parafínicos, cuya mayor proporción corresponde a dos hidrocarburos ligeros metano y etano. Sin embargo, mezclados al GAS NATURAL se encuentran en estado de vapor, en proporción menor, otros hidrocarburos gaseosos y líquidos denominados "líquidos de gas natural", que incluyen al propano, butano, pentano, hexano y otros más pesados.

Asimismo, el GAS L.P. se obtiene mediante un proceso de transformación aplicado ya sea al gas natural o al petróleo crudo, como materias primas básicas. Para obtener GAS L. P. a partir del GAS NATURAL se somete este último a tratamiento en plantas de absorción de gasolina natural o en plantas cíclicas o ciclotizadoras del "gas condensado"; en esencia se trata de separar y obtener el propano y butano contenidos en los "líquidos de gas natural". Ahora bien, cuando el petróleo crudo es la materia prima, el GAS LP se obtiene en refinerías mediante procesos de separación de los componentes del crudo.

En lo referente al GAS NATURAL, se obtiene tanto en campos de gas como en pozos petroleros. El que se extrae de los campos es más ligero que el obtenido en pozos petroleros, el cual tiene una mezcla más compleja de hidrocarburos y que se ha referido bajo la denominación de "líquidos de gas natural".

Las características del GAS LP que explican con mayor claridad el amplio uso de este gas, sobre todo por los sectores doméstico y comercial, son las de licuarse a presiones moderadas y su fácil evaporación a la presión

atmósferica y temperatura ambiente. Gracias a estas características es que el GAS LP puede distribuirse y almacenarse en recipientes de fácil manejo, haciendo muy costeable esta práctica, ya que con los aceros de que actualmente se dispone se requiere de un kilogramo de lámina para contener un kilogramo de propano o de cualquier gas licuado de petróleo (butano o mezcla de propano-butano).

Por el contrario, los hidrocarburos más ligeros, cual es el caso del GAS NATURAL, se licúan solo a presiones muy elevadas y en el caso de que se envasaran exigirían recipientes tan pesados que harían incosteable e imposible su manejo. Por esta razón, el gas natural se distribuye en estado de vapor, siendo necesarios sistemas específicos para ello.

## 2.- C A R B O N

### a) ANTECEDENTES

Desde la antigüedad se conoce al carbón mineral como una de las fuentes de energía calorífica más importante, habiendo llegado a convertirse en el combustible más utilizado durante el desarrollo de la civilización moderna.

La más antigua noticia que se tiene del carbón mineral se encuentra en manuscritos que datan de los años 980 A. C. y en los cuales se le señala como combustible. Los griegos y los romanos conocieron este combustible con el nombre de carbón de piedra.

Generalmente se define al carbón como un mineral orgánico que se formó por un proceso de alteración y compactación de helechos, licopodios, fanerógamas, coníferas, etc. y en algunos casos de restos de animales.

Los principales elementos que lo componen son los mismos que forman la madera y demás materia vegetal, como son carbono, hidrógeno y oxígeno, junto con pequeñas cantidades de azufre y nitrógeno; conteniendo como materias volátiles bióxido de carbono, monóxido de carbono, metano y compuestos aceitosos (alquitrán y brea) que a su vez contienen ácido nítrico, amoníaco, tolueno, xileno, naftas y creosotas.

### b) TIPOS DE CARBON

Las variedades conocidas son: antracita, hulla, lignito y turba, todos ellos son negros y opacos, dependiendo su densidad y dureza, en gran parte de la temperatura y condiciones en que se formaron.

### c) CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

i) Antracita.- Es de color negro, brillo metaloideo y con irisaciones; algunos la consideran como una variedad de hulla casi seca. Es el carbón natural más antiguo y el que contiene mayor cantidad de carbono (94%), por cuya razón posee gran poder calorífico, pero necesita para -

arder gran cantidad de aire y da muy poca flama, pues encierra escasos productos volátiles. Se le emplea como combustible solo ó mezclado con alquitrán mineral; en la industria metalúrgica del hierro, como valioso reductor; en la obtención de óxidos y ladrillos; en la calefacción del hogar, para obtener el grafito artificial. Se encuentran grandes yacimientos en Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Chile, en México lo hay en Sonora y Michoacán.

ii) Hulla.- Hasta antes del incremento de la industria petrolera, fué el combustible más importante y codiciado, no solo por su abundancia, sino también por sus propiedades. Se encuentra en terrenos que según los estudios geológicos corresponden a la Era Primaria, contiene de 75 a 90% de carbono y al arder desprende calor. Su principal impureza es la arcilla que la desprecia notablemente por restarle gran valor calorífico y por la cantidad tan grande de cenizas que produce. Además de su uso como combustible se extraen de ella, por destilación seca o pirogenada, numerosos productos y derivados entre los que figuran el coque, el gas de alumbrado, el amoniaco y la brea o alquitrán mineral, de donde a su vez se obtienen no menos de 6000 derivados industriales. Los productores de hulla más importantes son: China, Estados Unidos e Inglaterra, en México se beneficia en el Estado de Coahuila, una de las regiones carboníferas más explotadas actualmente.

iii) Lignitos.- Se le encuentra en los terrenos de las eras secundarias y terciarias; es menos rico que la hulla en carbono (70%) y por consiguiente de menor potencia calorífica. Procede de vegetales, conservando aún la forma y la estructura de los que le dieron origen. Se le emplea como combustible solo o en briquetas, ardiendo fácilmente con flama fuliginosa (produce humo) emitiendo olores picantes y molestos. Se explota en gran escala en Alemania, Estados Unidos, Australia e Italia. En México existe y en casi todos los Estados Unidos, el azabache no es otra cosa que una variedad de lignito muy negra, muy compacta, de brillo metaloideo, suscep-

tible de tomar gran lustre y de fractura concoide ( forma de concha), - empleado para ornato y joyería.

iv) Turba.- Es el carbón de formación más reciente, se forma actualmente en los países fríos y húmedos. Está constituido por restos de plantas que suelen ser musgos del género Sphagnum, de color pardo y estructura esponjosa. Cuando seca, arde fácilmente produciendo poco calor -- pues solo tiene 55% de carbono. Sirve como combustible de escaso valor y sus cenizas se emplean como abono en la agricultura por ser ricas en sales de potasio. Abunda en Irlanda, Escocia, Escandinavia y Alemania. En México hay grandes depósitos de turba en varias partes del relleno -- del valle de México (Lerma, Xochimilco y Huipulco, Tlalpan, etc.) y en Coahuila.

También existen los carbones Industriales que se les ha llamado artificiales y son productos resultantes de la combustión incompleta de diversas sustancias orgánicas. Los principales son: el vegetal, el del azúcar, el negro de humo, el negro animal y el de retorta o coque.

El vegetal se obtiene por dos procedimientos: el primitivo o de pira, - en el cual se pierden los valiosos productos condensables (alquitranes) y los gases combustibles, obteniéndose sólo un rendimiento de 20 - 25% de carbón. El otro procedimiento es el del carbón destilado, o sea el de la destilación de la madera, en el que se captan los alquitranes donde se sacan diversos productos industriales, (ácidos piroleñoso, acetato de calcio, acetona, alcohol metílico, etc) gases combustibles y un alto porcentaje de carbón.. El carbón de azúcar es muy puro, brillante y a veces de gran dureza. Se obtiene descomponiendo el azúcar por el calor o deshidratándolo con ácido sulfúrico concentrado. El negro de humo o humo de ocote, es un carbón muy ligero, pulverulento, que se obtiene por combustión incompleta de compuestos orgánicos, tales como resinas o sustancias resinosas, alquitranes y especialmente del acetileno. El negro animal es un carbón muy denso por la gran cantidad de sustancias-

extrañas que contiene (fosfato y carbonato cálcico). Se le obtiene por calcinación de los huesos en recipientes cerrados. El carbón de sangre también es un negro animal, se obtiene calcinando la sangre en vaso cerrado. El carbón de coque o de retorta es un producto gris muy poroso, que no tizna los dedos y necesita para arder una fuerte corriente de aire; es de gran poder calorífico. Se le obtiene por destilación condensables — (alquitranes) y los gases combustibles amoniacaes. El carbón de coque se obtiene actualmente en México en gran escala, por destilación pirogenada de los petróleos pesados o asfálticos.

APLICACIONES: - El carbón de madera cuando es muy puro, se utiliza para la metalurgia de los aceros (acero noruego), como combustible en el hogar, como deodorizante en la industria, para la fabricación de pólvoras, etc. El carbón hecho del pericarpio del cocos nucífera y otras variedades, se empleó en la Primera Guerra Mundial, como material en las mascarillas contra gases letales; el carbón del azúcar como decolorante y especialmente para la fabricación de productos farmacéuticos; el negro de humo en las pinturas, tintas (imprensa y de china), barnices negros, etc; el negro animal y el carbón de sangre, son enérgicos decolorantes coloidales. Su poder decolorante lo deben a su constitución íntima, pues al carbonizarse los huesos, conservan su estructura celular, la cual ofrece enorme superficie de contacto. El carbón de coque se usa para el gas y el alumbrado, para la industria siderúrgica, fabricación de electrodos, etc.

### 3.- ENERGIA NUCLEAR

#### a) ANTECEDENTES.

Desde el siglo pasado se empezó a sospechar la existencia de una nueva — fuente de energía. Todos los esfuerzos que se hicieron para explicar por qué el Sol permanecía a su misma temperatura durante decenas o centenas — de millones de años, fracasaron. La vida en la Tierra que tiene centena— res de millones de años, necesitaba de una radiación solar prácticamente— constante y considerando la energía gravitacional y la energía calorífica del Sol, éste debía enfriarse en relativamente poco tiempo. Parte de la — incógnita se despejó en 1905 cuando Einstein desarrolló su teoría de la — relatividad en la que encontró que la masa es una forma de energía y que — pequeñas cantidades de masa equivalen a cantidades enormes de energía. Es — estudios de la estructura nuclear llevados a cabo con la ayuda de acelera— dores de partículas o por medio de fuentes de neutrones, permitieron esta— blecer que existen dos mecanismos por medio de los cuales se puede trans— formar materia en energía. El primero de ellos recibe el nombre de fusión, y consiste en unir núcleos de hidrógeno para formar un núcleo de helio. Este es el principal mecanismo por medio del cual el Sol se mantiene a — una temperatura casi constante, transformando las grandes cantidades de — hidrógeno que contiene, en helio y lo mismo podemos decir de las estre— llas. Otro mecanismo por medio del cual se transforma masa en energía — es por el rompimiento en dos pedazos más o menos iguales, de los núcleos— pesados, particularmente del uranio. Estos dos pedazos en que se rompe — el núcleo por ser más estables, contienen menos masa y de ahí hay una — transformación de masa en energía. Este proceso recibe el nombre de fi— sión o hendimiento. En el próximo siglo, la fusión de núcleos de hidróge— no para producir helio, seguramente nos proporcionará cantidades importan— tes de energía. Durante el presente siglo la fisión del uranio será una — de las fuentes más importantes de energía y muy probablemente durante el—

siglo próximo sea la más importante.

## b) CARACTERISTICAS

Núcleos Físiles.

Aquellos que fisioan con neutrones de cero energía:  $^{235}\text{U}$ .

Núcleos Fértiles.

Los que se usan de materia prima para producir núcleos físiles  $^{238}\text{U}$ .

Reactores de Potencia.- Se pueden dividir en:

- i) quemadores
- ii) convertidores
- iii) de cría

i) Quemadores: Usan combustible altamente enriquecido y casi no producen combustible nuevo por no contener núcleos fértiles.

ii) Convertidores: Los que producen menos combustible fisioable del que consumen. Existen de baja y alta conversión.

iii) De cría: Los que producen más combustible fisioable del que consumen.

Importancia de los reactores de potencia de cría.

1).- Aprovechar la energía disponible del  $^{238}\text{U}$  (99.3% del uranio natural).

Los reactores térmicos quemadores o de baja conversión aprovechan la energía del  $^{235}\text{U}$  (0.7%). Producen  $^{239}\text{Pu}$ .

2).- Expresando lo anterior como porcentaje de recuperación de la energía teóricamente disponible, se obtiene:

- i) Cría: se recupera 70%
- ii) Térmicos: se recupera 2%

Las centrales nucleares del mundo (excepto las de Rusia, Europa Oriental y China) produjeron el año pasado 103, 409 gigavatios/hora de energía nuclear bruta, contra 74,593 GWh en 1970, o sea un aumento del 38.6 por ciento. El

número total de reactores que contribuyeron a ese total bruto fué 89, de los que 36 eran reactores enfriados por gas, 22 reactores de agua hirviendo, 17 reactores de agua a presión y 14 de otros varios tipos. La parte del total correspondiente a los enfriados por gas, en esa producción bruta cayó desde el 43.2 por ciento en 1970 al 34.9 por ciento en 1971, mientras que la de los de agua hirviendo aumentó desde el 23.4 por ciento al 28.8 por ciento. La parte correspondiente a los de agua a presión aumentó desde 26.6 al 28.2 por ciento, y la correspondiente a otros tipos de reactor subió desde el 6.8 al 8.1 por ciento.

POTENCIA ELECTRICA NUCLEAR  
(Producción Bruta Mundial en Gigavatios/hora)

	1970	1971	Mo De Cambio
E. U.	23.574	39.494	+ 67
R. U.	26.286	27.642	+ 5
Japón	3.233	6.758	+ 109
Canada	1.055	4.279	+ 306
España	0.924	2.523	+ 173
Suiza	1.945	1.912	- 2
India	2.178	1.790	- 18
Suecia	0.056	0.090	+ 61
Pakistan	0.000	0.003	- 0
<b>T O T A L:</b>	<b>59.251</b>	<b>84.491</b>	<b>+ 42</b>

c) Aplicaciones

La industria atómica o nuclear tiene ahora más de tres décadas de existencia. Su uso primordial ha sido fabricar bombas, pero también tiene aplicaciones en campos tan variables como la medicina, la agricultura, la desalación de agua, la exploración oceanográfica, la propulsión nuclear de barcos, el desarrollo de explosivos nucleares para proyectos de desplazamiento masivo de tierra. Está siendo usada en la recuperación de gas na-

tural. Aunque desde hace mucho tiempo se sabía que la energía nuclear podía usarse para la generación de electricidad, hasta hace poco esta actividad ha recibido mínima atención.

## B.- FUENTES DE ENERGIA MENOS EXPLORADAS

### 1.- ENERGIA SOLAR

#### a) Antecedentes

Los recursos de energía terrestre son de origen solar, salvo la — energía nuclear, y en su mayor parte han sido acumulados durante millones de años por procesos de fotosíntesis. Las civilizaciones industrializadas han dependido de la localización y utilización de las fuentes de combustibles fósiles; sin embargo, el uso de energía tal como se recibe del Sol — después de breve almacenamiento, está empezando a ser considerado con — atención y amplitud. Es enorme la cantidad de energía solar que llega a la Tierra, y en la actualidad pudiera resultar más económico recoger y usar esta energía, dado el aumento de los costos a causa de la escasez de los combustibles fósiles.

Históricamente, los intentos de utilizar la energía solar se remontan a muchos años atrás, y así la leyenda cuenta que Arquímedes la usó contra las naves romanas que atacaban a Siracusa en el año 320 A. C., prendiéndoles fuego al concentrar en ellas la radiación solar con múltiples espejos planos (espejos ustorios). La evaporación de salmueras al sol para la extracción de sales ha sido práctica común durante siglos. En tiempos modernos, los experimentos de Abbot, Roys, Ericsson y otros han sentado la base para las investigaciones ahora en curso, y en el Instituto de Tecnología de — Massachussetts se han elaborado programas de investigación y trabajo que son seguidos por otros autores en dicho centro y en El Colorado desde la Segunda Guerra Mundial.

Durante la década de 1950-1960 y a principios de la siguiente se pensó que la energía solar permitiría a los países en vías de desarrollo procurarse energía barata para el bombeo del agua, la calefacción y la cocción de los alimentos. Pero muy pronto resultó evidente que, por gratuita que fuese la energía Solar, la utilización de ésta exigía inversiones tan importantes —

que era imposible competir con los combustibles fósiles, en especial con el petróleo. El precio de un motor diesel era muy inferior al de una turbina a vapor a base de energía solar, por no citar los precios de una caldera y de los espejos necesarios para calentarla. Con nuevas investigaciones se hubieran quizás podido disminuir los costos, pero los países en vía de desarrollo no se hallaban en condiciones de emprenderlas y los países desarrollados no estaban interesados, puesto que podían contar con petróleo en abundancia en espera de la energía nuclear.

El uso extenso de energía en los países industrializados ha de esperar nuevas investigaciones y trabajos fundamentales, pues en el momento actual el costo de recoger y utilizar la energía solar pudiera competir con los costos de energía de otras fuentes. En la regiones no industrializadas, y particularmente en los países áridos, donde la radiación es abundante y los combustibles fósiles son muy costosos, la energía solar tiene una posición de competencia más favorable, en especial para instalaciones pequeñas, aisladas, en donde unos cuantos años sirven para alcanzar importancia.

#### b) Características.

EL SOL.- El Sol es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6 000°C. La distribución espectral de la radiación de esta fuente de energía, medida fuera de la atmósfera terrestre, se indica por una línea de trazo continuo en la figura 1 y de ella aproximadamente la mitad está en la región visible de espectro, cerca de la otra mitad en la región infrarroja y un pequeño porcentaje en la región ultravioleta. El Sol está a una distancia media de 149 490 000 kilómetros de la Tierra, y la constante solar, esto es, la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera terrestre en un plano normal a la radiación es aproximadamente de 1.94 cal/(min.) (cm<sup>2</sup>) (el intervalo de valores publicados es de 1.896 a 2.00 cal/(min.) (cm<sup>2</sup>) ó de 7.14 BTU/(min) (pie<sup>2</sup>), el equivalente de 1.5 hp/yarda cuadrada (1.79 hp/m<sup>2</sup>).

Radiación que llega a la Tierra.- La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de radiación, en intervalos de longitudes de onda específicas, por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono y otros, y por el vapor de agua, por difusión atmosférica de la radiación por partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión en las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal a la radiación. La intensidad de la radiación solar medida en la superficie de la Tierra varía desde 1.6 cal/(min.) (cm<sup>2</sup>) a cero.

El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme. Los Estados Unidos, por ejemplo, reciben anualmente alrededor de 1 500 veces sus demandas de energía total. En un día de sol en verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio en una hora sería más que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa en 24 horas. Sin embargo, la concentración de energía es baja y cualquier uso que haya de hacerse, si requiere cantidades importantes de energía, ha de utilizar grandes áreas de colectores solares. En la tabla I se dan algunos valores típicos de la radiación que se recibe en la superficie de la Tierra. La figura 2, muestra la cantidad de radiación solar recibida en superficies orientadas de modo diferente, en días claros, cerca del solsticio de verano, en Blue Hill, Mass., EE.UU., latitud 42° N.

La distribución espectral de la radiación en la superficie de la Tierra ha sido extensamente estudiada y se ha propuesto una serie de curvas a modo de patrón, para diferentes masas de aire, con fines de uso industrial. La masa de aire,  $m$ , se define como la razón entre el espesor de la atmósfera por la que ha de pasar la radiación y el espesor cuando el Sol está en el cenit y el observador al nivel del mar. La curva de trazos de la figura I muestra la curva patrón propuesta para una masa de aire igual a 2. La tabla II, indica la distribución de la energía transmitida en tres intervalos de longitudes de onda, para diversas ma

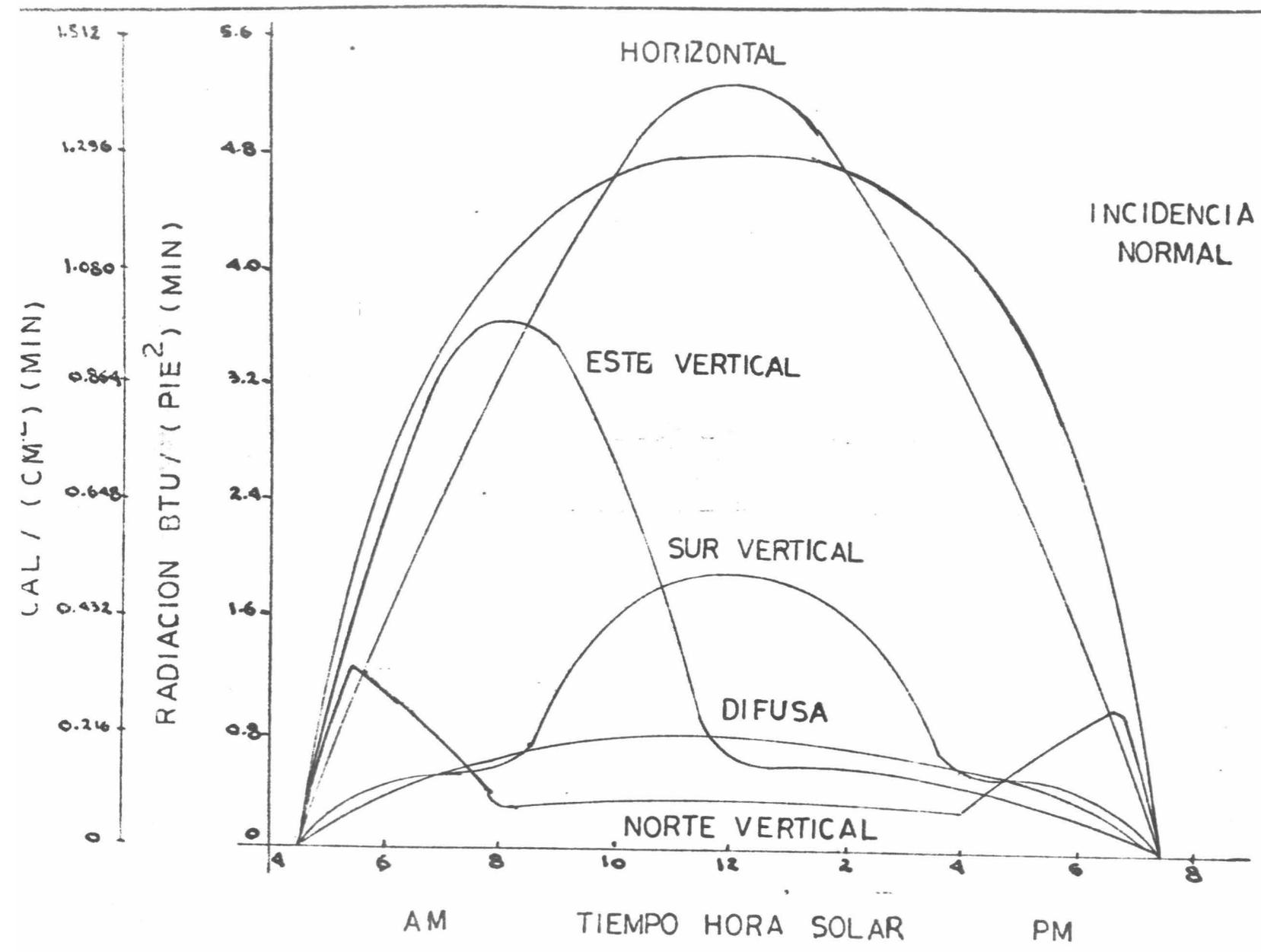


FIGURA I

Localidades y sus latitudes	Diciembre Kilocal/m <sup>2</sup>	Junio Kilocal/m <sup>2</sup>	Prom. Anual
San Juan, Puerto Rico, 18° N.	4,177	8,425	5,262
El Paso, Texas 32°N	3,274	7,408	5,525
Fresno, California 37° N	1,655	7,106	4,502
Madison, Wisconsin 43°N	1,220	5,398	3,309
Seattle, Washington, 47°N	624	6,184	3,146
Londres, Inglaterra, 52°N	488	4,720	2,387
Mesina, Sudáfrica, 22° S	6,293	3,635	5,086
Buenos Aires, Argentina 36°S	7,188	2,075	4,286
Mt. Stronlo, Australia, 35°S	6,374	2,048	4,258

TABLA No. 1

Radiación solar diaria media en diversas localidades sobre una superficie horizontal.

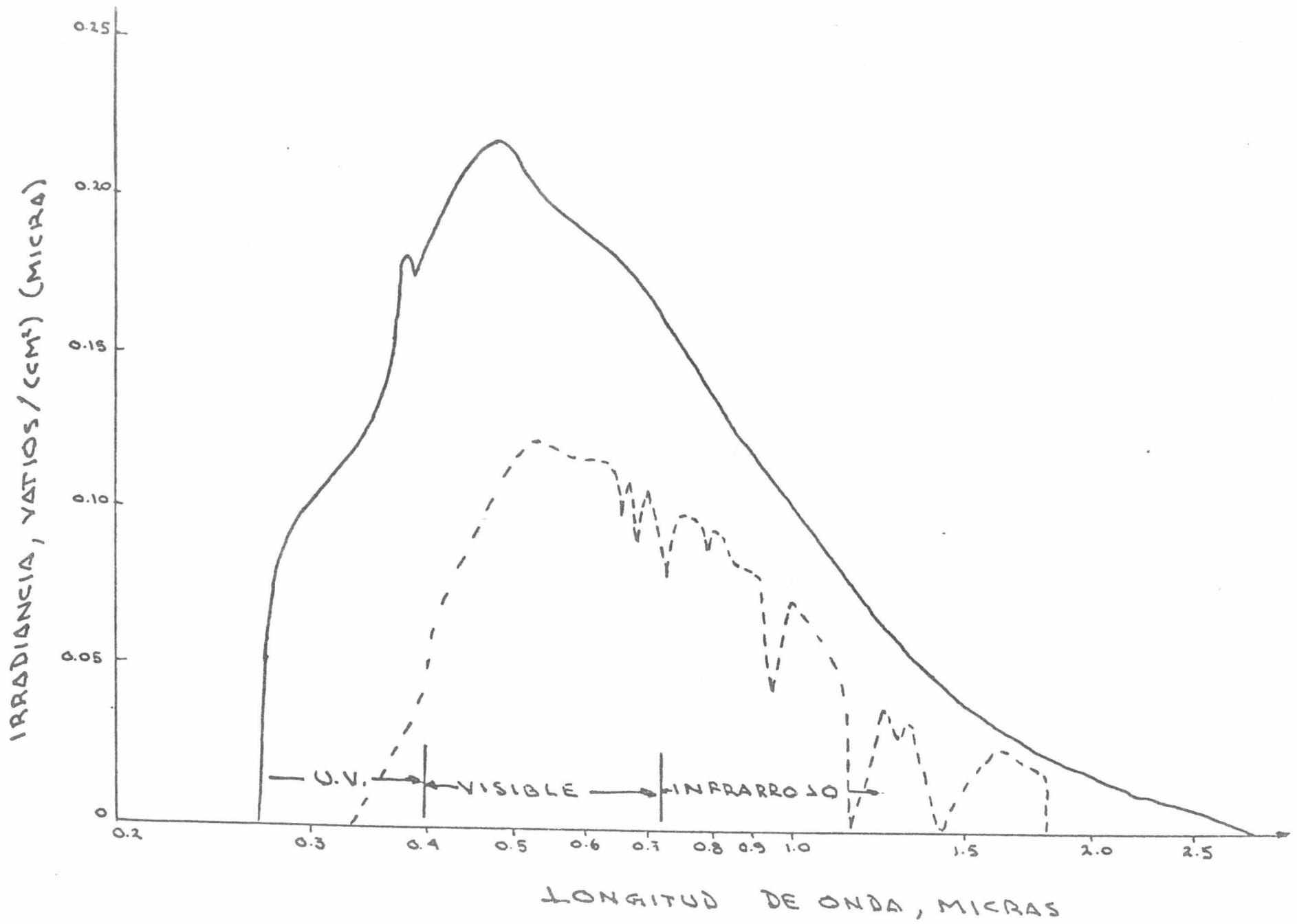


FIGURA 2

Intervalo de longitud de onda. $\mu$ .	M = 0	1	2	3	4	5
Ultravioleta, 0.29-0.40	0.136	0.057	0.029	0.014	0.008	0.004
Visible. 0.40-0.70	0.774	0.601	0.470	0.371	0.295	0.235
Infrarrojo, por encima de 0.70	0.986	0.672	0.561	0.486	0.427	0.377
T O T A L E S:	1.896	1.330	1.060	0.871	0.730	0.616

calorías por minuto, por cm<sup>2</sup>.

TABLA No. 2

Distribución Espectral de la Energía Solar.

sas de aire, m, y se basa en una constante solar de 1.896 cal./ $(\text{min.})(\text{cm}^2)$ .

Parte de la radiación solar se recibe como radiación directa o de rayos solares. El resto, la radiación solar difusa, esparcida por los componentes de la atmósfera, no tiene dirección bien definida. La radiación directa puede llegar a 90% de la radiación total en días muy claros, pero toda la radiación que llega a la Tierra a través de una envoltura de nubes es difusa. En la figura 2 se da una curva de la radiación difusa, medida sobre un plano horizontal, y la curva de incidencia normal indica la radiación directa sobre el plano normal a la radiación.

### c) Aplicaciones.

Los países templados fueron los que de pronto se pusieron a contemplar seriamente la posibilidad de emplear la energía solar. Por dos razones, primero esta energía puede proporcionar fuerza motriz sin acarrear la contaminación por el humo, el smog o los desperdicios radiactivos. A medida que aumenta el costo de explotación de las centrales de tipo convencional, a causa de la escasez de combustibles fósiles o de las medidas de protección que exigen las centrales nucleares, el Sol parece ofrecer perspectivas cada vez más ventajosas. Actualmente en vez de cocinas o de motores de un caballo de vapor se habla de miles de megavatio (cada megavatio representa un millón de vatios) o de recolectores solares que abarquen una superficie de centenares de kilómetros cuadrados. La idea va más lejos, es la del profesor Peter E. Glasser, de Cambridge, Massachusetts, que propone poner en órbita, en el espacio interplanetario, un recolector solar donde el sol brille constantemente. Con células fotovoltaicas que actualmente se emplean en forma muy limitada y onerosa para los satélites artificiales, se transformaría la luz en energía eléctrica, la que sería transmitida a la Tierra mediante un emisor de microondas gigantes. Probablemente esta idea no cobrará forma en un futuro muy cercano. Pero otras sugerencias igualmente ingeniosas pueden ponerse en aplicación antes, y en tierra firme. En un número reciente del Bulletin of the Ato-

mic Scientists, dos especialistas de la Universidad de Massachusetts, - Norman Ford y Joseph Kane expusieron un método de explotación de la energía solar que permite elevar la temperatura del agua hasta 1500°C. La producción de hidrógeno por disociación térmica sería entonces posible y en el futuro el hidrógeno podría reemplazar con ventajas al gas natural. Según las estimaciones de Ford y Kane, una superficie de 5.15 km<sup>2</sup>. permitiría captar una energía solar equivalente a la producción cotidiana de una central de 1000 megavatios.

En la Universidad de Arizona, Aden B. Meinel, Director del Centro de Ciencias Ópticas y su mujer, Marjoril, trabajan en un proyecto aún más importante. Calcularon que un cuadrado de 118 km. de lado permitiría captar una cantidad suficiente de rayos solares para permitir la producción de un millón de megavatios en vez de emplear reflectores para concentrar la energía del sol, proponen utilizar "superficies selectivas" que, aunque muy absorbentes, difunden la luz con parsimonia. Quieren explotar su central a 550°C, temperatura a la que funcionan las turbinas a vapor ya utilizadas en la industria eléctrica. El problema del almacenamiento de calor, piedra de toque de la mayoría de los sistemas que recurren a la energía solar, sería vencido utilizando sales en fusión como reserva calorífica. Los Meinel piensan que se podría instalar esa central de un millón de megavatios en una zona desértica de Colorado, actualmente no habitada. Con el calor perdido por las turbinas sería posible, dicen, desalar suficiente cantidad de agua como para subvenir a las necesidades cotidianas de 120 millones de individuos. Las realizaciones actuales son por cierto mas prosaicas. El Sr. Lustig observó que en ciertas islas del Mar Egeo la energía solar se utiliza para desalar el agua de mar. - Así en la isla de Nisyros, treinta y dos destiladores bastan para subvenir a las necesidades de la población, pero esta sólo consta de 700 personas.

En la Universidad técnica de Medio Oriente situada en Turquía, los investigadores están perfeccionando una instalación de secado solar pa-

ra la agricultura. En Israel, se utilizan en los domicilios particulares más de 100,000 aparatos solares para calentar el agua. Esos aparatos son también algo común y corriente en Australia y Japón. Se calcula que en todo el mundo unos diez millones de individuos tienen agua caliente todos los días gracias al sol. Los científicos Israelíes, han fabricado también un estanque solar. Según la descripción de que da el Sr. - Lustig, se trata de una cisterna de aproximadamente un metro de profundidad, de fondo negro, que se llena con capas de agua en las cuales hay sal disuelta. Las capas más densas del fondo se calientan sin que haya convección y así se obtiene salmuera caliente. Los investigadores Israelíes han perfeccionado una turbina extremadamente eficaz para producir electricidad a partir de su estanque solar, sin embargo esa turbina se utiliza también en las centrales de tipo clásico, lo que por el momento las hace más lucrativas que las instalaciones solares.

En una lista parcial de posibles usos de la energía solar, figuran:

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| a ) Calefacción doméstica     | g ) Secado                     |
| b ) Calentamiento de agua     | h ) Refrigeración              |
| c ) Generación de energía     | i ) Destilación                |
| d ) Hornos solares            | j ) Fotosíntesis (Agricultura) |
| e ) Cocinas                   | k ) Evaporación                |
| f ) Acondicionamiento de aire | l ) Control de heladas         |

#### d) SITUACION CONTEMPORANEA.

En todo el mundo se están haciendo esfuerzos internacionales a fin de comenzar a responder a la necesidad de la utilización de la energía solar y en el mes de octubre del año pasado, la Unesco y el gobierno Nigeriano organizaron en Niamey un coloquio sobre las posibilidades de aplicación de la energía solar en África. Veintitres participantes procedentes de catorce países africanos concurren a los debates, que estuvieron animados por conferenciantes originarios de Estados Unidos, Francia, Niger, Turquía y Zambia. Prudentemente, los expertos dejaron por el momento, -

de lado las centrales de un millón de megavatios y otras instalaciones gigantescas por el estilo y estudiaron otras aplicaciones, modestas y prácticas, de utilización de la energía solar, como la refrigeración, la climatización de las casas particulares, la desalinización del agua de mar y el funcionamiento de motores de poca potencia. Toda la gama de la energía solar y de sus posibles aplicaciones fué examinada en un congreso en París - del 2 al 6 de Julio de 1973 y cuyo tema que concretiza un viejo sueño de la humanidad, fué "El Sol al servicio del hombre".

## 2.- ENERGIA GEOTERMICA.

### a) Antecedentes y aplicaciones:

La energía geotérmica que esencialmente es el calor del centro de la tierra, recuperable en forma de vapor o de agua caliente, promete ser importante en el futuro. La explotación de la energía geotérmica se limita por el momento a las regiones de geisers y fuentes de agua caliente etc., en las cuales la curva de la temperatura en profundidad es extremadamente elevada en relación con el promedio. Las regiones no térmicas poseen también inmensas reservas de calor subterráneo, pero a profundidades tales que no sería lucrativo explotarlas con los medios que hoy disponemos, algún día quizás, será posible hacerlo. Con el tiempo no es indispensable que se encuentre la forma de penetrar más profundamente en el Magma (conjunto de rocas en fusión situado por debajo de la corteza terrestre), quizá mediante explosiones nucleares subterráneas, y con un precio de costo aceptable. Podríamos entonces explotar una fracción de esa energía cuyas vastas concentraciones locales, agregadas a las reservas de los océanos permitirían a la humanidad resolver para siempre los problemas del aprovisionamiento en energía y agua potable. Por añadidura la contaminación se reduciría al mínimo.

El ingeniero inglés Sr. Charles Parsons, en 1904, se proponía horadar un pozo de 20 km. de profundidad, según él se hubieran necesitado 85 años para realizar este proyecto, al que llamaba " la exploración de los fuegos del-

infierno".

La idea de Parsons no fué nunca llevada a la práctica, pero sabemos, a groso modo, como funciona el enorme motor térmico de la Naturaleza, que a través de las rajaduras y las fallas de la corteza terrestre, el agua de lluvia se infiltra en la tierra, llega hasta la lava ardiente y resurge en forma de vapor, de geisers o de fuentes calientes.

Las instalaciones mas vastas se encuentran en Larderello, Italia, donde ya en el siglo XVIII se utilizaba energía geotérmica para fabricar ácido bórico. Hoy, gracias al vapor subterráneo, funciona allí una central de una potencia de 390 megavatios.

Hay instalaciones del mismo tipo en Nueva Zelandia, Japón, Estados Unidos y URSS. En México se está construyendo la Planta de Cerro Prieto.

A temperaturas más bajas, en vez de vapor surge de la tierra agua caliente. También en este caso se trata de un material muy valioso. En Islandia, por ejemplo, 40% de la población vive en casas equipadas con calefacción geotérmica. La Naturaleza, en un gesto generoso, dió ciertas compensaciones a Islandia. Aunque las condiciones climáticas exigen que la calefacción esté prendida 330 días por año, el subsuelo de este país oculta prácticamente un Sol. Además de la calefacción, los recursos geotérmicos sirven para el mantenimiento de invernaderos y así, aproximadamente del círculo Artico maduran tomates, pepinos y fresas. En todo el mundo el uso industrial de esta forma de energía se va extendiendo; en Nueva Zelandia para la producción de pasta de papel; en Hungría para calentar establos y gallineros.

Los científicos del Alamo, Nuevo México, han descubierto un nuevo método para usar el calor termonuclear. Este método consiste en perforar dos agujeros de 15000 pies de profundidad. El primer paso es bombear agua fría hacia abajo por uno de los pozos. Esta se calienta con la roca caliente y se extrae por el otro pozo en forma de vapor caliente.

b) Características.- La producción de electricidad de fuentes geotérmicas no tienen ninguno de los peligros de la energía nuclear. No existe ninguna amenaza de importancia para el medio ambiente, ni las complicaciones internacionales del petróleo.

Los costos de las plantas geotérmicas y los costos de operación varían, pero los cálculos indican que son menores que los de las plantas nucleares, y de carbón, aunque un poco mayores que los de la energía hidroeléctrica.

Por lo tanto, la producción de electricidad con energía geotérmica es más barata que cualquier otro método conocido para producir electricidad.

### C) LA ELECTRICIDAD

La electricidad es actualmente el medio más universal de transmitir y distribuir la energía. Su generación, transmisión y control ha exigido y producido importantes desarrollos científicos y tecnológicos. Frente a esta complejidad de los medios de producción y distribución aparece en forma contrastada la simplicidad de los requerimientos para su utilización en los hogares, las ciudades y la industria.

En forma continua en los principales centros de investigación del mundo entero, se están buscando nuevas formas de obtención de energía, para cubrir las necesidades crecientes, tanto cuantitativas como cualitativas que exige el desarrollo de la humanidad. La grave crisis de energéticos de la época actual ha puesto en evidencia la importancia de encontrar nuevas fuentes de energía y seguramente, como producto de estudios, experimentos y trabajos realizados desde hace muchos años y otros de reciente iniciación, pronto aparecerán, primero en los países más desarrollados y después en forma universal, nuevas realizaciones en este campo tan importante para el futuro de la humanidad.

Como primera instancia, sin embargo, dentro del desarrollo aplicado de los conocimientos actuales, la carga del uso de los energéticos parece gravitar en forma especial hacia el campo de la electricidad. Los graves problemas de contaminación ambiental del mundo moderno pueden resolverse en gran parte, con la utilización más general de esta forma de energía limpia, silenciosa y sin peso. En especial aparece como muy atractiva para su empleo en los medios de transporte colectivos e individuales, que son indudablemente una de las causas más graves de la contaminación atmosférica y del consumo excesivo de hidrocarburos.

Lo anterior hace suponer en forma justificada que las necesidades de energía eléctrica que por su propia dinámica tienen un incremento muy acelerado, se verán aún más incrementadas por las necesidades creadas -

por nuevos consumos, al reducirse el uso de otros energéticos de uso masivo, en virtud de la escasez de los mismos, de su utilización más necesaria para otros fines o para la solución de problemas de contaminación.

Sin embargo, se debe recordar que la energía eléctrica que se utiliza no se obtiene en forma directa a partir de la naturaleza. Para obtenerla - se parte de otras formas naturales de energía, como son: hidroeléctrica, hidrocarburos, carbón, nuclear, geotérmica, maremotriz, eólica y otras.

Los hidrocarburos son, sin duda, la fuente energética más importante para la producción de electricidad. Sin embargo, la importancia de dedicarlos a otros usos en que son más necesarios para el desarrollo industrial del mundo y su escasez determinada por problemas naturales, económicos y políticos está causando la necesidad de un cambio fundamental en la política de su utilización como combustible.

III FUENTES DE ENERGIA EN MEXICO.

### III FUENTES DE ENERGIA EN MEXICO

#### 1.- Petróleo y Gas en México

#### 2.- El Carbón en México

- a) Antecedentes
- b) Reservas de Carbón en México
- c) Producción actual
- d) Consumo aparente
- e) Contribución en el balance energético
- f) Regiones con posibilidades carboníferas

#### 3.- Energía Nuclear en México.

- a) Nuevos recursos energéticos
- b) Desarrollo de la energía nuclear
- c) Proyectos.

#### 4.- Energía Geotérmica en México.

### III.- FUENTES DE ENERGIA EN MEXICO

#### 1.- PETROLEO Y GAS EN MEXICO

Se sabe la importancia que el petróleo y el gas tienen en el desarrollo de cualquier país. Esto se ha confirmado en los meses últimos, que han transcurrido en medio de la crisis internacional del petróleo, que afecta a México, al encarecer no solamente sus importaciones complementarias de carburantes y derivados petroquímicos que tendrán que importarse, a precios elevadísimos, para satisfacer la demanda que por ahora no es posible cubrir con producción nacional, sino también los bienes de capital que es indispensable adquirir para implantar el programa de expansión.

En México la importancia de los derivados del petróleo radica en el hecho de que son el principal insumo en la generación de energía comercial y representan el 92.1% de los energéticos totales que se utilizan. La hidro y geotermoelectricidad y el carbón contribuyen con 3.3% y 4.6% — respectivamente.

La producción de petróleo y gas en 1973, cubrió el 87% de los requerimientos de hidrocarburos. No obstante se tiene una razonable certidumbre de que en muy breve tiempo se cubrirá el 100% de la demanda.

De ahí la imprescindible necesidad de la búsqueda constante de este recurso natural, para incrementar las reservas que respalden el desenvolvimiento continuado del país. Este propósito se logrará en la medida en que la industria cuente con combustibles, lubricantes y materias petroquímicas básicas, que se obtienen del beneficio y transformación del petróleo y del gas. Por consiguiente, a la par que se hace la búsqueda y la explotación del recurso natural, hay necesidad de incrementar la planta refinadora y de petroquímica básica.

Podemos aseverar, que en tanto otras formas de energía no se desarro—

llen y aprovechen, y siga preponderando fuertemente la energía obtenida - de los hidrocarburos, la seguridad del desarrollo integral, independiente y equilibrado de un país, depende de sus reservas de petróleo y gas.

Petróleo y gas se producen generalmente asociados, aún cuando existen yacimientos productores de gas únicamente. A veces, este gas natural, que en su mayor proporción (90% o más) está constituido por metano, contiene otros hidrocarburos licuables que se pueden extraer y separar de él.

En nuestro país se inició en 1948 la explotación del gas natural, aprovechándolo inicialmente como combustible industrial; más tarde, además del uso ya señalado, constituyó la fuente para obtención de gas licuado y en la última década para extraer el etano que convertido en etileno constituye la principal materia prima del desarrollo petroquímico.

Desde la comercialización del gas, el balance de energéticos disponibles para la industria se ha hecho considerándolo en su equivalente calorífico al petróleo crudo o al combustible residual.

El empleo industrial de los hidrocarburos, primero como energéticos y en los últimos lustros como materia prima para la petroquímica, ha dado como resultado el consumo cada vez mayor de petróleo y gas.

En nuestro país, la importancia creciente que el petróleo y el gas ha tomado como motor del desarrollo, se inició con la expropiación de los bienes de las compañías petroleras en 1938, por decreto del Presidente Lázaro Cárdenas.

Así han transcurrido 36 años en que ha habido nuevos descubrimientos que casi siempre han correspondido al esfuerzo aplicado a la exploración y a la inversión en los demás sectores: explotación, refinación, petroquímica y transporte.

# PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE HIDROCARBUROS

1943 - 1973

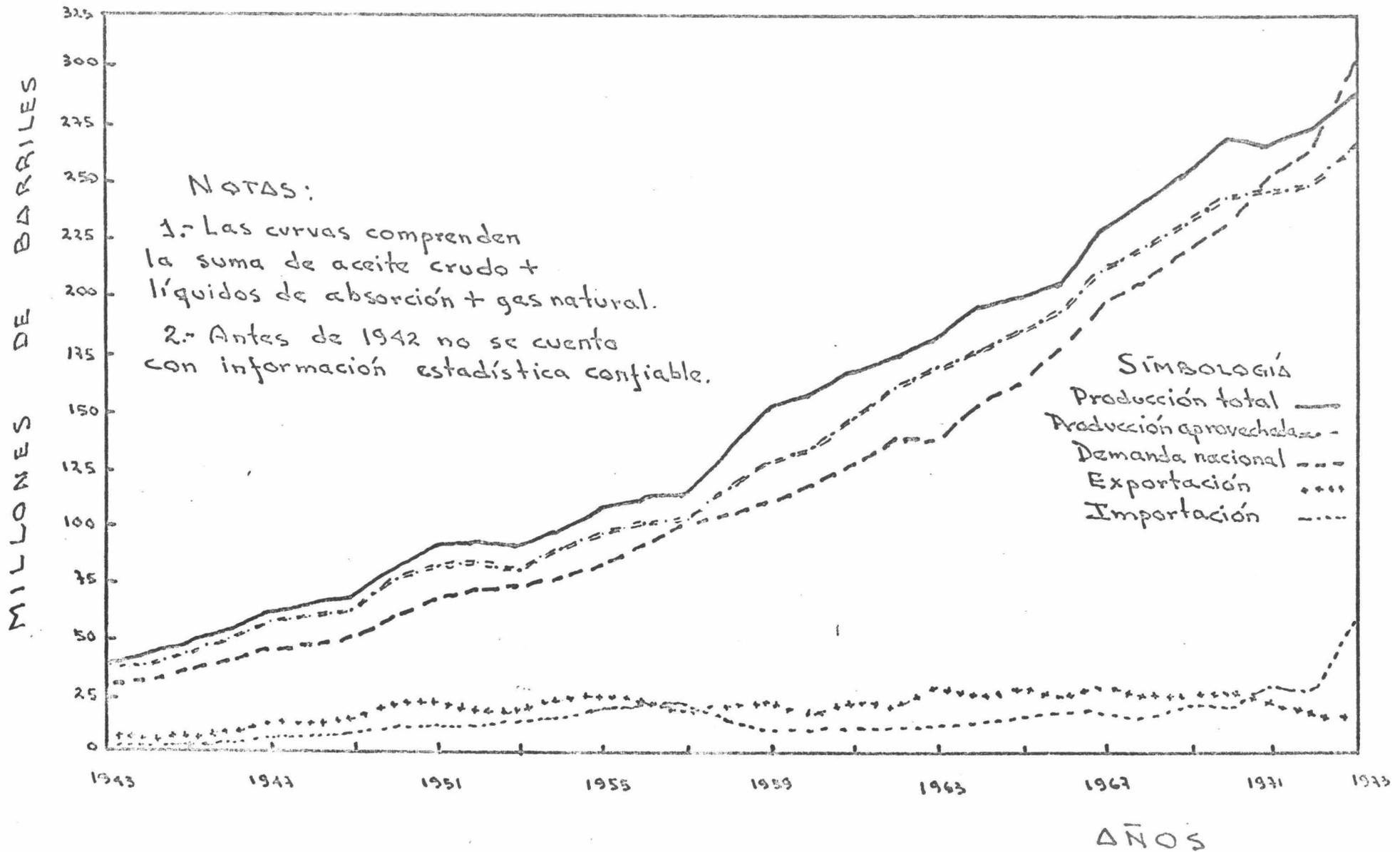


FIGURA 3

La inversión por muchos años ha estado limitada a los cada vez más escasos recursos propios y a los créditos concertados. En razón de los bajos precios, mantenidos durante 15 años, esa generación de recursos y la capacidad de endeudamiento sufrieron un deterioro considerable, con la consecuencia correspondiente del atraso en contar con los medios de producción y la incapacidad para dar alcance a la demanda. El resultado ha sido la importación creciente en los últimos años, generada por las necesidades del país en pleno despegue de su desarrollo. La inversión que se habría venido haciendo formada por los recursos propios que decrecían y por los créditos que cada vez se requerían en mayor proporción, no fué ni oportuna ni suficiente.

En 1973 se presentó la crisis petrolera internacional, que ha venido a causar graves problemas de disponibilidad de productos y de balanza de pagos, amén de limitar el desarrollo si no se aplican las medidas correctivas necesarias.

En diciembre de 1973 se aumentaron los precios de los productos con el objeto de que la industria petrolera contara con los recursos necesarios para implementar sus programas de expansión.

Ese aumento se autorizó cuando el precio del crudo que se importa era de 8 dólares por barril, actualmente se adquiere a 14 dólares por barril. Por lo tanto, los recursos que Petróleos Mexicanos debe dedicar a inversión, se verán reducidos, pues habrá que distraer fondos que se destinarán a la importación de carburantes y productos petroquímicos básicos.

A continuación se presenta un cuadro que muestra las importaciones y exportaciones de Petróleos Mexicanos en el período de 1965 a 1973, tanto de aceite crudo y destilados, como de derivados petroquímicos.

IMPORTACION Y EXPORTACION DE PETROLEO Y SUS DERIVADOS

IMPORTACIONES

	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>
Petroleo Crudo									
en miles de barriles p/día							1.9	31.5	64.6
en millones de barriles							675.0	11543.6	23593.8
en millones de pesos							24.4	401.2	1129.1
Productos de refinación									
por Pemex									
en miles de barriles p/día	3.4	9.7	9.9	9.9	23.7	25.5	46.8	46.6	63.0
en millones de barriles	1255.0	3524.5	3624.1	3619.9	8651.2	9311.7	17088.4	17053.8	23011.8
GP P/PARTICULARES									
en miles de barriles p/día	21.7	17.3	16.1	16.7	17.2	18.3	19.8	20.2	20.3
en millones de barriles	7927.9	6332.6	5876.3	6095.5	6274.3	6661.1	7210.2	7387.6	7409.5
en millones de pesos	277.5	232.7	238.7	173.1	151.9	208.8	265.0	281.0	359.3
UMA									
en miles de barriles/día	25.1	27.0	26.0	26.6	40.9	43.7	64.4	98.3	147.9
en millones de barriles	9182.9	9857.1	9500.4	9715.5	14925.5	15972.8	24974.6	35990.0	54015.1
en millones de pesos	351.3	409.5	443.7	368.8	500.8	622.8	1141.5	1539.1	3653.9
PRODUCTOS PETROQUIMICOS									
en toneladas por día			2.3	128.5	268.1	248.7	286.4	454.4	342.5
en millones de toneladas			0.9	46.9	97.9	90.5	104.5	166.3	125.0
en millones de pesos			1.1	70.8	166.5	138.8	165.0	235.1	300.1
TOTAL IMPORTACIONES									
en millones de pesos	351.3	409.5	444.8	439.6	667.3	761.6	1306.5	1774.2	3954.0

EXPORTACIONES

PRODUCTOS DE REFINACION									
en miles de barriles/día	71.1	68.7	72.4	65.1	65.3	66.6	43.9	29.6	24.6
en millones de barriles	25950.9	25057.3	26427.7	23773.3	23852.5	24325.9	16032.0	10840.5	8982.5
en millones de pesos	497.0	487.2	507.1	458.1	458.7	456.7	385.0	289.0	371.5
PRODUCTOS PETROQUIMICOS									
en toneladas por día	104.1	312.6	291.4	257.6	291.5	179.9	182.9	112.4	112.3
en millones de toneladas	38.0	114.1	106.4	94.0	106.4	65.7	66.7	41.2	40.9
en millones de pesos	31.0	79.9	89.4	79.6	76.4	47.3	48.3	34.7	62.4
TOTAL DE EXPORTACIONES									
en millones de pesos	528.0	567.1	596.5	537.7	535.1	504.0	433.3	323.7	433.9

DIFERENCIAS

en millones de pesos (IMPORTACION-EXPORTACION)	- 176.7	-157.6	-151.7	-98.1	+132.2	+257.6	+873.2	+1450.5	+3520.1
--	---------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	---------	---------

Las importaciones durante 1973 en orden de importancia por su cantidad en petróleo crudo, gasolinas para automóviles, gas licuado y en menor grado kerosina y diesel. Es de notarse el incremento en la importación de petroquímicos básicos, lo cual es resultado de la creciente demanda aparejada al hecho de que no haya crecido la planta productora, no obstante que las instalaciones existentes han venido incrementando su producción, lograda prácticamente a base de mejoras en la operación.

El aceite crudo se ha importado en la medida que lo ha permitido la capacidad de refinación y de reprocesos, así como las capacidades de las instalaciones o medios de transporte (ductos y buques) con los cuales se hace la distribución de los productos.

Las importaciones de petróleo crudo se eliminarán a fines del año 1974, pues se espera un incremento considerable en la producción, proveniente principalmente de los nuevos campos del Sureste en Chiapas y Tabasco. Sin embargo, continuarán las importaciones de algunos derivados mientras se alcanza en las refinerías la capacidad necesaria para producir los destilados que cubran íntegramente la demanda, no sólo en volumen, sino también en tipo y calidad de producto.

La importación de derivados, principalmente la gasolina, debe reducirse, con el propósito de no llevar a Petróleos Mexicanos de nuevo a una situación de incapacidad financiera que le impida resolver sus problemas de producción.

Por otra parte, no es aconsejable la reducción en la importación de derivados petroquímicos básicos, pues se causarían graves pérdidas económicas y desempleo por falta de suministro de materias primas a las ramas industriales que forman la industria química y la petroquímica secundaria, sector este último, el más activo en los últimos años.

Para eliminar el déficit de producción del recurso natural, la incapacidad de la planta refinadora y la de petroquímica básica, así como la de -

las instalaciones para transporte y distribución de los productos, Petróleos Mexicanos, ha puesto en marcha un programa para recuperar el autoabastecimiento y la autosuficiencia en grado máximo posible a mediano plazo.

Para ello, aplica los ingresos adicionales derivados de la reestructuración de precios, al financiamiento del programa de inversiones que cubren en una primera etapa hasta 1976, pero que alcanza a un período de 10 años.

La inversión que requiere hacer Petróleos Mexicanos para el período 1974-1976, se ha estimado en 36,600 millones; de los cuales 17,600 millones se destinarán a la exploración y a la explotación

Con el objetivo de incrementar las reservas, el programa de exploración se ha enfocado hacia nuevas providencias geológicas, sin que por ello se deje de explorar en las zonas ya conocidas que tradicionalmente se reputan como productoras. Se invertirán en él 3,000 millones de pesos.

De las nuevas providencias se espera descubrir reservas sustanciales que sumadas a las ya cuantificadas aseguren el desarrollo por muchos años más, a pesar de la tasa de crecimiento de la demanda, es decir, que se mantenga la disponibilidad para 20 años mínimo.

La perforación exploratoria ha descubierto campos de gas y condensado en el área de Nuevo Laredo, Tamps., en Soto Lamarina, Tamps., y a 35 Km. al Suroeste del puerto de Veracruz. Los pozos descubridores de estos campos hacen pensar que son yacimientos importantes por su productividad y por sus características estructurales. Durante 1974 se intensificará la perforación de desarrollo para definir la aportación de gas que pueda lograrse de dichos campos.

En la plataforma marina se continuará con el desarrollo de las estructuras ya descubiertas (Arenque, Atún, Bagre, Marsopa, Escualo.)

Las perforaciones exploratorias que se han hecho en la Zona Sur, en el --

área de Reforma, han confirmado las grandes extensiones con posibilidades petrolíferas de los campos ya conocidos desde 1972. Se desarrolla en — 1974 un programa de perforación de 50 pozos para incrementar la producción que para fin del presente año será de 175,000 barriles por día. Sin me— noscabo de lo anterior, se continúa la perforación de pozos "de extensión" que permitirán ir delimitando el área productiva del cretácico.

Las producciones, para fines de 1973, fueron del orden de 550,000 barriles por día de aceite y líquidos y de 220,000 barriles por día de gas. En — 1976 corresponderán respectivamente a 817,000 barriles por día y 290,000— barriles por día.

La tasa de crecimiento y la estructura de la demanda dan idea del esfuer— zo que debe desarrollarse para incrementar las reservas a la vez que obte— ner la producción de gas y aceite que es necesario procesar para aprove— charlo como energético y como materia prima petroquímica. El manejo de— los incrementos de producción que se prevé para el período 74/76, re— quiere la ejecución acelerada de obras importantes y complicadas que a — la vez que significan cuantiosas erogaciones, exigen un mínimo de tiempo de realización. Entre otras, esas obras consisten en ductos de recolec— ción y de transporte de gas y de petróleo, baterías de separación de — gas—aceite y estaciones de compresión y de bombeo. La inversión que de— mandan estas obras es de 3,650 millones de pesos que sumados a las — 2,570 millones que se tendrán que erogar para la adquisición de equipos de perforación, de separación y de transporte para dotar a los nuevos — campos, hacen llegar el total de la inversión en exploración y en explo— tación a 17,585 millones de pesos, si se consideran 3,100 millones de pe— sos que se emplearán en la perforación de pozos.

La realización de este programa, hará que para fines de 1974 se haya re— cobrado el balance entre las cifras de la demanda y las de la oferta de— petróleo y gas de producción nacional, sin que ésto implique autosufi— ciencia en todos los renglones ya que, por ejemplo, en gas licuado conti—

nuará presentándose una oferta deficitaria por algunos años. El problema del gas licuado, complicado por naturaleza, merece tratamiento y consideraciones por separado.

Por otra parte, los programas de expansión en el sector de producción industrial (refinación y petroquímica) aún cuando marchan aceleradamente, no estarán terminados sino en el transcurso del período 1974-1976, lo cual implica que el déficit de oferta en algunos derivados irá disminuyendo gradualmente, sin que sea posible eliminar totalmente las importaciones de derivados en este año, ni en el siguiente. No obstante, de haber suficiente producción de petróleo como se espera, podría hacerse intercambio de éste por los productos que se requieren. Las exportaciones de residuales y algunos otros destilados podrán compensar las importaciones.

El incremento anual de demanda para el período 1973-1976 se estima en 11.0% para los líquidos en conjunto tales como gasolinas, destilados intermedios, residuales y otros varios, incluyendo los insumos petroquímicos; en 9.8% para el gas natural y en 10.8% para el total.

El cuadro siguiente muestra la realización de 1973 y la situación que se prevé para los años siguientes.

TABLA DE DEMANDA Y DE PRODUCCION

Datos en miles de barriles por día

	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>
<u>HIDROCARBUROS GASEOSOS</u>				
Gas Natural				
Demanda Gas Natural	206.2	220.0	231.0	260.0
Demanda Etano	11.8	16.1	20.2	28.8
SUMA	218.0	236.1	251.2	288.8
Producción aprovechada	218.0	236.1	251.2	288.8
 <u>HIDROCARBUROS LIQUIDOS</u>				
Consumos Nacionales				
Destilados	355.1	377.5	424.1	456.0
Residuales	149.9	151.7	191.0	241.2
Otros	18.8	20.8	21.3	22.5
Exportación	24.3	30.0	-	-
Suma de Consumo Nacional y Exportación	548.1	580.0	363.4	719.7
 Materia Prima				
Líquida requerida	622.8	658.5	722.5	811.0
 Materia Prima				
Líquida producida	512.8	634.8	726.0	817.0
	<u>          </u>	<u>          </u>	<u>          </u>	<u>          </u>
	(- 110.0)	(- 23.7)	+4.5	+6.0

( ) Importado.

TABLA DE DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES

(COMBUSTOLEO Y GAS NATURAL)

=====

Datos en miles de barriles por día

	1973	1974	1975	1976
<u>DEMANDA TOTAL</u>				
Sector Eléctrico	100.0	106.0	124.7	145.8
Sector Industrial	177.7	179.7	195.8	239.8
Consumos Pemex	65.4	69.9	82.7	95.4
SUMA:	343.1	355.6	403.2	481.0
<u>DISPONIBILIDAD</u>				
Gas Natural (eac)	206.2	220.0	231.0	260.0
Cobustoleo	159.7	165.6	172.2	221.0
SUMA:	365.9	385.6	403.2	481.0
<u>DIFERENCIA</u>	+22.8	+30.0	0	0
(Disponibilidad - Demanda)				

Es de interés señalar la situación de los combustibles industriales (com bustóleo residual y gas seco), los cuales guardan una situación de oferta muy favorable. Esto indica que el desenvolvimiento industrial del país cuenta con suficiente respaldo en el suministro de energéticos.

No obstante, es conveniente señalar que la demanda de energéticos de la industria eléctrica muy particularmente, constituye una muy pesada carga que es necesario evitar que siga gravitando sobre Petróleos Mexicanos. Es recomendable diversificar las fuentes de energía y aplicar soluciones alternas.

La carga que impone la generación de electricidad sobre los hidrocarburos que produce Petróleos Mexicanos representa el 14%. De entre las medidas más inmediatas que pueden tomarse para corregir esta situación, está la del empleo de carbón en las plantas termoeléctricas, amén de otras que ha recomendado la Comisión Nacional de Energéticos.

Actualmente se producen (aún cuando no se aprovechan todavía) en los campos del área de Reforma, 3.5 millos de M<sup>3</sup> por día de gas natural húmedo y amargo, que contienen aproximadamente 12,000 b/d de hidrocarburos licuables recuperables (etano, gas licuado, gasolina natural). El aprovechamiento de este gas se inició en mayo del presente año, cuando empezaron a operar las instalaciones que se construyen en el campo de Cactus para acondicionarlo y recuperar los hidrocarburos y el azufre que contiene.

Las instalaciones para el acondicionamiento de las cantidades crecientes de gas natural, que se producirán con el incremento de producción de aceite crudo de esta área, consisten en 4 plantas modulares de eliminación de gases ácidos (plantas endulzadoras) con capacidad total para 600 millones de pies cúbicos/día, y las correspondientes plantas recuperadoras de azufre con 480 tons. diarias. En adición, es necesario construir ductos para transporte de gas dulce a las plantas recuperadoras de hidro

carburos líquidos (plantas de absorción y criogénicas) en la Venta y en Cd. Pemex, las cuales tienen capacidades disponibles, y la construcción de una planta recuperadora de líquidos (planta criogénica) de 500 millones de pies cúbicos/día para procesar los excedentes que no puedan admitir las plantas de la Venta y Cd. Pemex. Todos estos proyectos están en marcha.

El procesamiento de cantidades cada vez mayores de gas natural, en las plantas recuperadoras de hidrocarburos licuables dejará disponibles cantidades mayores de gas para ser transportadas por el sistema Cd. Pemex-Guadalajara, que en 1974 aumentará la capacidad de transporte a 1,030 millones de pies cúbicos/día y podrá satisfacer así las demandas de la C.F.E., de las industrias ya establecidas y de las nuevas industrias.

Además se obtendrán cantidades considerables de gas licuado, con lo cual podrá eliminarse la importación, en fecha que dependerá del porcentaje de sustitución por gas natural, para el consumo domiciliario, si se toman las medidas pertinentes. Se producirán también etano y gasolina natural, ambas materias primas para la obtención de productos petroquímicos básicos de los cuales se obtendrán numerosos derivados petroquímicos secundarios. Las plantas de petroquímica básica que transformen estas materias primas se establecerán en un combinado industrial que se fincará en un predio denominado La Cangrejera, cercano al complejo petroquímico de Pajaritos, Ver.

El excedente de petróleo crudo del área de Cactus, después de completar el suministro de la refinería de Minatitlán, se transportará por un oleoducto que ya se construye desde Pajaritos a Poza Rica. Este transporte por ducto sustituirá al de buque-tanque y liberará así embarcaciones que se emplearán en otros servicios. El aceite transportado hacia Poza Rica podrá ser distribuido desde ese punto hacia las refinerías de Atzacapotzalco, Salamanca y Tula, o hacia la de Tampico y posteriormente a la de Cadereyta. Otra porción de ese aceite crudo alimentará a la refinería del Pacífico.

En refinación se lleva a cabo un programa que tiene como premisas contar con capacidad de refinación necesaria para procesar la materia prima que se requiera para cubrir las demandas nacional y regional; establecer — los procesos más modernos que permitan el máximo aprovechamiento de la — materia prima y la obtención de la gama de productos que reclama la in— dustria.

Las expansiones que se llevan a cabo consisten en incrementos de capaci— dad de procesamiento de petróleo crudo y de las plantas de reprocesos ta— les como destilación al vacío, desintegración catalítica, hidrodesulfura— ción y reformación de naftas. Los incrementos programados para cada ti— po de proceso de refinación se muestran en el cuadro a continuación.

INCREMENTOS DE CAPACIDAD NOMINAL INSTALADA

EN PROCESOS DE REFINACION

(Datos en miles de barriles por día)

<u>PROCESOS</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>Incremento</u>	
										<u>TOTAL</u>	<u>%</u>
Destilación primaria	532.5	135.0	25.0		150.0	150.0			200.0	1,192.5	123.9
Raccionamiento de líquidos de absorción	92.5		11.5							104.0	12.4
Destilación al vacío	238.0	44.0	25.0		75.0				100.0	482.0	102.5
Resintegración catalítica	109.0		28.0	40.0	40.0				40.0	257.0	135.8
Hidrodeshulfuración de naftas	47.0		9.0		86.0	50.0			36.0	228.0	385.1
Reformación de Naftas	39.0		9.0		46.8	40.0			30.0	164.8	322.6
Hidrodeshulfuración de destilados intermedios	72.0				75.0	89.0			50.0	286.0	297.2
Resintegración de residuos y reducción de viscosidad y coke	41.0	18.5	6.0		41.0					106.5	260.0
Inversión en millones de pesos Comprende plantas, instalaciones complementarias y obras de protección ambiental).		1,100	2,400	2,200	1,100	2,700	1,500	1,500	1,500	14,000	

PROMEDIO DE INVERSIONES =  $\frac{14,000}{8}$  = 1,750 MILLONES DE PESOS POR AÑO.

Las ampliaciones de capacidad se lograrán mediante la eliminación de restricciones en plantas actuales, la instalación de nuevas plantas en la refinerías existentes y el establecimiento de nuevos centros de refinación, tales como Tula, Cadereyta, y la Refinería del Pacífico.

El cumplimiento del programa, que para 1980 señala una capacidad de procesamiento de aceite crudo de 1101.8 miles de barriles por día requiere tan solo entre 1974 y 1976 la inversión de 5,700 millones de pesos.

La nueva refinería de Tula que debe iniciar operaciones en 1976, representa por sí sola un incremento de capacidad de 150,000 barriles por día en proceso primario de aceite crudo y contará de plantas de reproceso — que incrementen los rendimientos de destilados; tales son las plantas de vacío, de desintegración catalítica y las reductoras de viscosidad de los residuos y otras que mejoren las calidades de dichos destilados como son las plantas hidrodesulfuradoras y reformadoras.

La zona del Pacífico es una de las de mayor desarrollo. Sus requerimientos en cuanto a combustóleo son ya de un orden de magnitud que requiere un medio de transporte económico y de alta capacidad. Para 1976 la demanda alcanzará 38,000 barriles por día y para 1980 los requerimientos serán de 70,000 barriles por día en combustóleo y 100,00 barriles por día en destilados.

La fuerte demanda de combustóleo, la limitación del transporte ferroviario entre Minatitlán y Salina Cruz, la imposibilidad de contar con gas natural y el alto costo del transporte marítimo a través del canal de Panamá llevaron a la decisión de instalar una planta separadora (despuntadora) de una mezcla de combustóleo y diluyente (diesel) que será abastecida por ducto desde la Refinería de Minatitlán.

La planta despuntadora del Pacífico será el núcleo alrededor del cual — se forme a su debido tiempo, una refinería integrada con las plantas procesadoras necesarias para obtener del crudo los productos refinados y el

combustóleo necesarios para completar el abastecimiento de productos a lo largo del litoral.

La demanda futura de gas natural que se prevé para las zonas que cubren el sistema de ductos Ciudad Pemex-México-Salamanca-Guadalajara, podrá satisfacerse con la disponibilidad que dará la producción de la Zona Sureste.

No es el caso del sistema de gasoductos que se origina en el distrito fronterizo del Noreste. La declinación que se prevé en la producción de gas de este distrito ha obligado prácticamente a eliminar la exportación para dar preferencia al suministro de la industria nacional; así fué posible incrementar el suministro para el consumo nacional en 3.68% con respecto a 1972. Además ha obligado a establecer una campaña para sustituir parte de los consumos de gas por otros combustibles alternos: residuales y diesel.

El gas natural y el combustóleo residual en casi todos los casos son mutuamente sustituibles, para lo cual se requiere solamente hacer los cambios y adiciones necesarios a las instalaciones que los utilizan.

Petróleos Mexicanos ha planteado a los sectores industrial y eléctrico de la Zona Norte del país que abastece el gasoducto Reynosa-Monterrey-Torreón-Chihuahua, la necesidad de sustituir los consumos de gas por combustóleo. La respuesta ha sido favorable y se espera que gradualmente se vayan reduciendo consumos de gas que sustituirán por combustóleo.

Desde hace algunos años, en la zona mencionada, ha habido incapacidad para cubrir la demanda de combustible industrial con gas exclusivamente. Año con año aumentan las cantidades complementarias de combustóleo residual que es necesario transportar por F. C. desde Tampico, lo cual ha propiciado el congestionamiento de vías. Para evitar esta incapacidad de transporte en los años futuros, se inició ya la construcción de un ducto que manejará combustóleo diluido con diesel, para alimentar una planta que

puntadora que se construye en Cadereyta, N. L., la cual en 1980 se habrá convertido en refinería.

La obtención de combustóleo por separación del diesel en la despuntadora permitirá hacer el suministro al área de Monterrey, que es el consumidor más fuerte de la Zona Norte; pero además, desde Cadereyta podrán abastecerse con combustóleo los puntos más alejados del gasoducto, para reducir costo de transporte.

La operación descrita garantiza el suministro adecuado de energético industrial en la Zona Norte. En la medida en que el desarrollo de los campos descubiertos en Lerma y Soto La Marina, Tamps., haga que se produzcan cantidades sustanciales de gas, éste podrá ser enviado hacia el Norte, para reforzar el actual sistema (de planta despuntadora y ducto de transporte) con gas de la nueva procedencia.

Los destilados que requiere la Zona Norte provienen de la Refinería Madero en Tampico y se transportan por un ducto que llega hasta Chihuahua, Chih., tocando Cd. Victoria-Monterrey-Torreón-Gómez Palacio.

La capacidad de este poliducto ha sido ampliado recientemente en lo que constituye una primera etapa de 40,000 barriles por día a 50,000 barriles por día. Mediante sucesivas ampliaciones que se efectúan, se alcanzarán para 1976 una capacidad de 76,000 barriles por día hasta Monterrey, 39,000 barriles por día hasta Torreón y 20,000 barriles por día hasta Chihuahua.

Si a los incrementos de capacidad en el transporte de destilados logrados mediante aumentos en el poliducto se agregan las cantidades de diesel que se transportarán como diluyente del combustóleo por la tubería que alimentará a la despuntadora de Cadereyta, se alcanzará una capacidad hasta de 90-100 mil barriles por día de destilados.

Par 1980 se planea tener convertida la planta de Cadereyta en una refinería integrada con 200,000 barriles por día de capacidad de proceso de crudo.

En los últimos 20 años, el gas natural ha dejado de ser meramente un combustible para convertirse en materia prima petroquímica, dado su contenido de metano (85/90%) que se transforma en amoníaco y metanol, y de etano se extrae del gas natural mediante un procedimiento de superenfriamiento por medio de expansión del gas y en un proceso posterior se transforma en etileno, compuesto que es la materia petroquímica básica de un gran número de derivados. En algunos países, donde hay excedentes de naftas y no existe producción de gas natural, y por consiguiente no hay etano, el etileno se obtiene por pirólisis de nafta.

De lo dicho, se desprende el interés creciente que el gas natural por su contenido de etano tiene en nuestro país como base de la industria petroquímica. Los desarrollos regionales petroquímicos a base de los derivados del etileno, abren una gran avenida a la petroquímica secundaria.

Conclusiones.- Al presente, Petróleos Mexicanos cuenta con 54 plantas productoras de petroquímicos básicos con una inversión global de 4,499 millones de pesos y una capacidad nominal instalada de producción de 3.28 millones de toneladas por año.

Desde que Petróleos Mexicanos inició la producción de petroquímicos básicos ha realizado inversiones en nuevas unidades productoras; no obstante, la inversión sobre todo en los últimos 4 años ha sido insuficiente lo cual ha dado por resultado el atraso que se traduce en necesidad de importaciones de gran monto. Para recuperar ese atraso es necesario realizar el ambicioso programa de nuevas plantas. Casi todos, con pocas excepciones son para producir mayores cantidades de petroquímicos básicos que ya se producen. Al mismo tiempo su terminación es apremiante para hacer frente a la demanda interna que mantiene una tasa anual de crecimiento que en la mayoría de los rubros importantes sobrepasa el 20% anual. El dinámico crecimiento de la demanda se ve agravado por la crisis petrolera mundial que abarca a los productos petroquímicos y es causa de una acentuada escasez a la par que de una elevación sin precedente en los precios. La incapacidad de las plantas

de petroquímicas básicos para cubrir la demanda, causa fuertes erogaciones en importaciones de cantidades complementarias que se requieren, con el agravante de que en muchos casos es extremadamente difícil la adquisición de los faltantes en el mercado exterior.

En las plantas con que actualmente cuenta Pemex, se produjeron en el año 1973 2,650,000 toneladas de productos básicos, que representaron un aumento de 329,500 respecto al año precedente, con un incremento de 14.2%.

Conclusiones.- En el presente año entrarán en operación las unidades de producción de butadieno de Cd. Madero, la tercera planta de amoníaco de Cosoleacaque y dos plantas productoras de azufre en Cactus, Chis., con su contribución, la capacidad anual de elaboración bruta de petroquímicos básicos se elevará a cuatro millones de toneladas en números redondos. La producción programada para el presente año asciende a 3.63 millones de toneladas, esperándose ingresos del orden de 2,970 millones de pesos, de los cuales 2,900 millones de pesos provendrán de ventas internas y 70 millones de exportaciones.

De la producción programada en 1974, serán vendidas 1.80 millones de toneladas; la diferencia 1.83 millones de toneladas la constituyen productos que a su vez son insumos para otros procesos, tal como es el caso del etano cuya producción cautiva se convierte en etileno y éste en polietileno, acetaldehído, óxido de etileno, cloruro de vinilo, etc. De la entrega de productos finales para ventas se estima que 1.767,545 toneladas serán para el mercado doméstico y 32,500 se exportarán.

El programa petroquímico, sin tomar en cuenta las instalaciones para procesamiento de gas natural y recuperación de etano, comprende la instalación de 29 plantas nuevas, de las cuales 5 ya se encuentran en fase de construcción, 4 en fase de ingeniería y 20 en proyecto. La inversión en este programa alcanza la cantidad de 5,822 millones de pesos, entre 1974 y 1976.

En plantas para la recuperación de etano y productos licuables del gas natural, se invertirán en el mismo período 751 millones de pesos, lo cual -

hace llegar la inversión total de este sector a 6,573 millones de pesos.

Los incrementos en capacidad nominal de producción más importantes que se obtendrán con el citado programa de desarrollo se muestran en la relación siguiente:

<u>Producto final obtenido</u>	<u>Toneladas p/año capacidad actual</u>	<u>Capacidad en 1976</u>	<u>Incremento de Capacidad</u>
Amoniaco	613,000	2.103,000	1,490,000
Polietileno de alta densidad.		100,000	100,000
Polietileno de baja densidad.	72,600	252,600	180,000
Cloruro de vinilo (monómero)	19,500	239,500	220,000
Azufre	149,350	371,850	222,500
Acetaldehído	44,000	132,000	88,000
Acrilonitrilo	24,000	74,000	50,000
Metanol	21,500	141,500	120,000
Oxido de etileno	28,000	128,000	100,000
Aromáticos (incluye para xilenos)	222,400	722,400	500,000
Estireno	30,000	130,000	100,000
Butadieno		55,000	55,000
Etileno	236,000	918,000	682,000
	<u>1,460,350</u>	<u>5,367,850</u>	<u>3,907,500</u>
	=====	=====	=====

Como es natural, el reflejo del incremento de producción que se obtendrá de las nuevas plantas de este programa de desarrollo, tendrá un mayor impacto a partir del año de 1977.

El tonelaje total de petroquímicos básicos producidos por Pemex, que se estima vender dentro del país, en los próximos años será como sigue: 1.80 millones de toneladas para el año de 1974; 2.26 millones en 1975, 3.2 millones en 1976, 4.11 millones en 1977, 4.61 millones en 1978, 5.56 millones en 1979 y 6.09 millones en 1980.

Las importaciones subirán de 760,000 toneladas estimadas para el presente -

año, a 900,000 en 1975, empezarán a declinar en 1976 año en el cual será necesario importar medio millón de toneladas, cifra que se reducirá en los años de 1978 y 1979 como resultado de mayor disponibilidad de producción nacional, hasta hacerse prácticamente nulas.

Las exportaciones se incrementarán paulatinamente de 30,000 toneladas hasta llegar a 370,000 toneladas en 1977, 392,000 en 1978 y 785,000 en 1979. De ahí en adelante volverían a declinar, si sólo se contara con las producciones de las plantas del actual programa de desarrollo. Indudablemente deberá continuarse con nuevas inversiones en plantas petroquímicas en los años-futuros.

Una estimación del valor de la producción petroquímica en los próximos años, con base en los precios actuales (que fluctúan en razón de los precios de los productos que se importan para completar la producción nacional) nos da los montos que a continuación se señalan:

1974	2,900 millones de pesos
1975	3,500 millones de pesos
1976	4,700 millones de pesos
1977	7,100 millones de pesos
1978	8,800 millones de pesos

La distribución de combustibles, lubricantes y productos petroquímicos a todos los puntos de consumo, se realiza mediante el sistema de ductos, o utilizando el transporte ferroviario, y el carretero. Para el transporte marítimo se cuenta con una flota de buques-tanque de más de 450,000 toneladas de peso muerto. Durante 1973 se manejaron 35,000 millones de toneladas-kilómetro en todas las formas de transporte.

El sector comercial y de distribución requiere la expansión continua de las instalaciones mencionadas, así como de las terminales de almacenamiento, facilidades portuarias y descargaderos submarinos, y para ello se destinarán 6,000 millones de pesos que se invertirán en el período 1974-1976.

El resumen de las inversiones hasta 1976 se presenta a continuación:

	Millones de pesos
Exploración y Explotación	17,600
Refinación	5,700
Petroquímica	6,600
Sector comercial y de transporte	6,000
Obras sociales y administrativas	<u>700</u>
	36,600
	=====

G A S.

El consumo total de gas en el año de 1938 fué 1511 Ton., en el año de 1973 habrían de consumirse 2,200,000 toneladas; es decir, 1,500 veces más el volumen correspondiente al año de 1938. En esta forma, el consumo de gas LP por habitante varió de 302 gramos para el año de 1940 a 39.4 kilogramos en 1973, registrando este indicador, tasas anuales de incremento tan elevadas como la de 28.5% en la década de los 40s. y 17.8% en la de los 50s, demostrativas de la etapa de consolidación de la distribución de gas LP en el país.

A semejanza del gas LP, la distribución de GAS NATURAL se inicia hacia el año de 1930, con la puesta en operación del gasoducto de Roma, Texas, a la ciudad de Monterrey, destinándose el gas natural a satisfacer los requerimientos tanto del sector industrial como del sector doméstico.

El desarrollo de la distribución del gas natural tuvo que ser precedido -- por intensas etapas de exploración en diferentes partes del país, tendientes a precisar y localizar los campos productores sobre los cuales fincar una distribución sistematizada.

Las zonas productoras fueron manifestándose paulatinamente. La región Noroeste se afirma hacia el año de 1948 y se consolida en forma definitiva -- en 1954 con los descubrimientos de los campos de Reynosa, Brasil, Treviño, 18 de Marzo y Francisco Cano, que justificaron la construcción de la Planta de Absorción de Reynosa (1955).

Los desarrollos en el sur del país fructificaron en el año de 1951 en que fué descubierto el campo José Colomo, el más importante productor de gas en la zona sur, y que sería factor determinante para la posterior construcción de la Planta de Absorción de Ciudad Pemex. Comprobada la capacidad productiva de los campos, era factible proceder a edificar los gasoductos para -- abastecer los principales centros consumidores. La producción de gas natural manifestó un crecimiento aún más acelerado que el gas LP. De una pro--

ducción de 682,332 miles de metros cúbicos en el año de 1938 se alcanzaría la cifra de 18,696,570 miles de metros cúbicos en el pasado año de 1972. En el año de 1972 la disponibilidad total de gas LP por las empresas se integró en 51.7% con producción nacional y 48.3% con importaciones. El total disponible ascendió a 2,183.8 millones de kilogramos.

A este respecto es indispensable señalar que a partir de 1965 las importaciones han venido acentuando su importancia relativa para la satisfacción del consumo nacional, como lo muestra el hecho de que en ese año representaban el 42.8% de la disponibilidad total de gas LP.

Este comportamiento lleva implícito un fenómeno muy significativo: para estar en capacidad Petróleos Mexicanos de cumplir con sus compromisos de abastecimiento, ha tenido que incrementar sensiblemente sus importaciones. Así, tras importar en el año de 1965 solamente 15,254 toneladas de gas LP, en el año de 1972 requeriría hacer compras en el exterior por un total de --- 438,370 toneladas.

Se estima que en la actualidad Petróleos Mexicanos abastece el 72% del total de gas LP distribuido por las empresas facultadas para ello y que éstas últimas importan directamente el 28% restante.

En resumen, el abastecimiento presentó una bien definida tendencia a depender mayormente de las importaciones, las cuales incidieron básicamente en la operación de Petróleos Mexicanos.

El gas LP se ha utilizado en México casi exclusivamente como combustible. Tal es el uso que de él hacen los sectores doméstico, comercial e industrial, sin olvidarnos desde luego de su consumo como carburante en transportes de diversos tipos. La estructura del consumo total de gas LP en el país por los usos mencionados presenta la siguiente configuración: 75%, uso doméstico; 15%, usos comerciales; 4% usos industriales y 6% utilizado para carburación automotriz.

Sin embargo se advierten ciertas estructuras zonales particulares que al ---

parecer guardan una relación estrecha con el origen del abastecimiento de gas LP. En esta forma podemos hablar de la existencia de tres grandes zonas del país según la procedencia del abastecimiento:

Una primera zona, la cual depende absolutamente de la importación directa realizada por las empresas distribuidoras y que comprende la Península de Baja California y los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Durango y Zacatecas. Esta zona que tenía el 19.9% de la población global de 1972, consume el 21% del total de gas L.P. (10.8 millones de habitantes con un consumo promedio de 42.5 Kgs. de gas LP al año), estimando su estructura en los términos siguientes: 73% al sector doméstico, 15% al sector comercial, 6% para consumos industriales y 6% en carburación automotriz.

Una segunda zona, llamada de abastecimiento "mixto" porque concurrentemente las empresas distribuidoras importando directamente, como Petróleos Mexicanos abasteciendo, consume el 16% del total de gas LP. La estructura de su consumo indica 58% del sector doméstico, 16% del sector comercial, 4% del sector industrial y 22% usado para carburación-automotriz. La zona, que incluye a los Estados de Jalisco, San Luis Potosí y Tamaulipas, albergaba el 12.4% de la población total (6.7 millones de habitantes con un consumo individual de 52.2 Kgs. de gas LP al año.)

Finalmente, Petróleos Mexicanos ocurre a abastecer íntegramente una amplia zona del país, que comprende las entidades que no figuran en las zonas anteriormente mencionadas y la cual participa del 63% del consumo total de gas LP y el 67.7% de la población nacional (37.5 Kgs. de gas LP por habitante). Su particular estructura de consumo nos indica que el 81% correspondió al sector doméstico 15% al comercial, 3% al industrial y 2% utilizado para carburación.

Independientemente de esa visualización general se tiene como principales centros consumidores de gas LP al Distrito Federal, que demanda por sí solo el 34% del total de gas LP y las entidades de Jalisco, Veracruz, Tamaulipas y Guanajuato.

Se estima que en la actualidad cerca del 50% de la población del país se beneficia directamente con el uso del gas LP (28 millones de personas — aproximadamente).

El total de plantas de abastecimiento asciende a 591. Se dispone de 58 — plantas en el Estado de Tamaulipas, cuya capacidad de almacenamiento garantiza solamente el consumo de 3.8 días; de 51 de Chihuahua, que garantizan el consumo de 5.2 días; 45 en Veracruz, que aseguran solo el consumo de 3.7 días; 33 en el Distrito Federal y su zona metropolitana, capaces de resguardar 3 días de consumo; 35 en Guanajuato y cubren 4.4 días de — consumo; 8 en Chiapas, con una relación de 2.8 días de capacidad-ventas.

Por lo que respecta al gas natural, las cifras correspondientes al año de 1972 nos muestran que la disponibilidad total ascendió a 18 790 millones de metros cúbicos. Su composición fué la siguiente: 99.5% producción nacional y 0.5% como saldo neto importado.

El gas natural se ha utilizado fundamentalmente como combustible, siendo el destino sectorial de la disponibilidad total el siguiente (en millones de M3):

<u>CONCEPTO</u>	<u>ABAST.</u>	<u>%</u>
Sector Industrial	7,324	39.0
Sector eléctrico	2,165	11.5
Sector doméstico	705	3.8
Consumo de PEMEX	8,596	45.7
Consumos propios	(4,591)	(24.4)
Reinyección a pozos	<u>(4,005)</u>	<u>(21.3)</u>
TOTAL DISPONIBLE:	18,790 =====	100.0 =====

El cuadro anterior muestra con toda claridad que las ventas de gas natural

tienen como destino principal al sector industrial, el cual se ha beneficiado del 71.9% de las ventas internas, en tanto el sector industrial participó del 21.2% y los consumos domésticos y comerciales participaban solamente del 6.9% de las ventas internas de PEMEX.

Sin embargo, resulta aún más relevante el destino sectorial del gas natural en cada uno de los tres sistemas de gasoductos en operación.

El gasoducto comunmente denominado Ciudad Pemex-México-Guadalajara, es el sistema más importante de acuerdo al volumen de gas transportado, que para el año de 1972 fué de 8,770 millones de metros cúbicos aproximadamente. El destino sectorial del gas a lo largo del recorrido del gasoducto es el siguiente: 11.8% al sector eléctrico, 42.7% para el sector industrial, — 42.5% utilizado por Petróleos Mexicanos directamente y sólo 0.3% destinado al sector doméstico. El gasoducto beneficia al sector industrial de cada una de las ciudades principales conforme a su trazo, como son: Villahermosa, Minatitlán, Veracruz, Orizaba, Puebla, Tlaxcala, "Valle de México", — Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y Guadalajara. Los principales consumos industriales se registran en el Valle de México, con 47.92% de lo destinado al sector industrial a lo largo del gasoducto: Hidalgo con el 15.63% Minatitlán, con el 9.98% y Puebla con el 6.72%.

El segundo sistema, Reynosa-Monterrey-Chihuahua, es el segundo en importancia y transportó en el año de 1972 aproximadamente 5,222 millones de metros cúbicos. Este sistema, que se desarrolla a lo largo de Matamoros, Reynosa, Río Bravo, Monterrey, Monclova, Saltillo, Parras, Torreón, Gómez Palacio y Chihuahua, tiene en el sector industrial a su principal consumidor, que participa del 64.4% del gas transportado. Por su parte, el sector eléctrico consume el 21.5%; Petróleos Mexicanos solamente el 5.0% y se destina al sector doméstico el 9.1% restante.

Se puede decir, que es el sector industrial de Monterrey el que se beneficia primordialmente con el gas disponible a lo largo de este segundo sistema que se comenta; dicho sector absorbe el 66.9% del gas consumido por los

sectores industriales y el 43.2% de todo el gas disponible en el sistema, Los beneficios del gas natural llegan por supuesto a los complejos industriales de Monclova, Saltillo y Torreón, así como de Chihuahua. Por lo que respecta al gas suministrado al servicio doméstico, es también la ciudad de Monterrey la principal beneficiada y participa del 97% del gas natural abastecido a dicho sector a lo largo del recorrido; Saltillo es la otra ciudad beneficiada, aunque sus volúmenes son muy reducidos.

Finalmente el tercer gasoducto es el de Tampico a Poza Rica, cuya transportación de gas natural en el año de 1972 fué de 419 millones de metros-cúbicos. En este sistema el principal consumidor es Petróleos Mexicanos, quien usa para sí el 89% del gas natural; no obstante, el sector industrial participa del 10%.

Se debe agregar que las importaciones de gas natural tienen por destino específico las ciudades de Cananea, Son.; Juarez, Chih.; Piedras Negras, Coah., y Nuevo Laredo, Tamps., ya que las instalaciones están en manos de particulares.

Se puede inferir que el país dispone ya de un sistema básico de transportación de gas natural, que hace posible un mejor aprovechamiento de las fuentes productivas para la mejor satisfacción de las demandas de los centros consumidores. El gasoducto Cd. Pemex-México-Guadalajara, que comenzó a operar en el año de 1961, prácticamente ha visto a la fecha duplicada su capacidad de transportación e indudablemente será factor relevante para la utilización óptima de los campos de Sitio Grande y Cactus (Chiapas), así como de los más recientes de exploración en el Municipio de Reforma, Chis., y el pozo llamado Samaria 101 localizado en Tabasco.

Petróleos Mexicanos tiene instalaciones para los sectores doméstico y comercial en Cd. Pemex, La Venta, Minatitlán, Coatzacoalcos, Reynosa y participa en la de Cuautitlán, Edo. de México. La Comisión Federal de Electricidad opera la red de la ciudad de Monterrey, en tanto particulares poseen las de Cd. Juárez, Piedras Negras, Cd. Miguel Alemán, Nuevo Laredo.

Finalmente, empresas de diferente naturaleza jurídica contratan con Petróleos Mexicanos y a su vez venden directamente el gas natural a los usuarios; este es el caso de 10 unidades habitacionales ubicadas en el valle de México y que disponen del servicio de gas natural en tales condiciones.

Se citan a continuación el nombre de dichas unidades habitacionales y el número de tomas de servicio de cada una de ellas:

<u>Unidad</u>	<u>No. de Tomas en servicio</u>
López Mateos "Nonoalco-Tlatelolco"	9,446
Hermanos Serdán "Lomas de Sotelo"	2,094
Villa Olímpica "Miguel Hidalgo"	904
Villa Coapa	6,815
Cuitlahuac	2,640
Lindavista-Vallejo	4,112
Mixcoac "Lomas de Plateros"	7,042
Loma Hermosa	1,648
Atzacualco C.T.M.	2,488
Independencia	<u>2,250</u>
T O T A L:	39,439 =====

De esas unidades, 3 son administradas por Asociación Hipotecaria Mexicana, S. A.; 4 por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos; una administra el Instituto Mexicano del Seguro Social y Otra Sociedad Mexicana de Crédito Industrial.

Cabe mencionar las tomas en servicio que poseen actualmente las diversas instalaciones del país que distribuyen gas natural para consumo doméstico y comercial, con lo que se tendrá el panorama completo a este respecto:

<u>Empresa</u>	<u>Ciudad</u>	<u>No. de Tomas</u>
D. F. (10 empresas)	D. F.	39,439
Gas Natural de Juárez, S. A.	Cd. Juárez, Chih.	9,592
Juárez Gas, Co.	Cd. Juárez, Chih.	8,833
Dist. de Gas de Saltillo, S. A.	Saltillo, Coah.	3,618
Cía. Nacional de Gas, S. A.	P. Negras, Coah.	6,488
Comisión Federal de Electricidad	Monterrey, N. L.	126,545
Distrib. Germán Barrera G.	Cd. M. Alemán, Tamps.	617
Cía. de Gas de Nuevo Laredo, S. A.	N. Laredo, Tamps.	11,082
Dist. de Gas de Querétaro, S. A.	Querétaro, Gro.	<u>2,733</u>
T O T A L:		208,947 =====

Petróleos Mexicanos ha informado que los ingresos adicionales, derivados de la reestructuración de precios acordada en días pasados, se destinarán a financiar el programa de inversiones que se tiene debidamente estudiado y que cubre un período de 10 años. Asimismo, que la meta del programa es recuperar a mediano plazo el auto-abastecimiento nacional en el sentido más amplio del término: ésto es, utilizar los hidrocarburos extraídos de nuestro subsuelo, procesarlos en nuestras plantas y manejarlos en nuestro sistema de transportes, para eliminar así la dependencia del exterior en insumos estratégicos de tanta importancia. Para ello, hay que intensificar la exploración y ampliar las instalaciones de producción, tratamiento, refinación, petroquímica y transporte.

En el último año la relación reserva-consumo en materia de gas natural, había llegado a su nivel más bajo en varios años, fijándose en 17:1. Sin embargo, los planes integrales de la industria petrolera y las nuevas políticas para el consumo de energéticos, hacen concebir fundadas esperanzas para superar tal situación. En el presente año Petróleos Mexicanos tiene previsto perforar 412 pozos de desarrollo, con los cuales se realizará el desarrollo de 74 campos; 21 para producir gas y el resto de acei

te. Que al finalizar el año de 1974, los nuevos campos descubiertos en Chiapas y Tabasco tendrán una producción de gas de 300 millones de pies cúbicos al día, que significa el 17% de la producción nacional de este hidrocarburo; así como la planta endulzadora de gas natural que se construye en el área de Cactus, evitará quemar a la atmósfera un volumen de 100 millones de pies cúbicos cada 24 horas.

Los precios del gas LP importado han experimentado hasta la fecha un aumento del 400% con respecto a los fines de 1972. Su consecuencia inmediata fué la necesidad imperiosa de modificar las tarifas de venta de gas LP al consumidor en aquellas entidades en donde las empresas distribuidoras son importadoras directas. Así, a partir del mes de Mayo de 1973 se inició una serie de modificaciones sucesivas en las tarifas, hasta en 6 ocasiones en algunos casos, significando a la fecha aumentos hasta del 200% en las tarifas, previéndose que habrá necesidad de continuar con este tipo de solución a corto plazo.

Obviamente la magnitud del impacto de los precios es función directa de la dependencia del abastecimiento externo. Recordemos que necesitamos importar el 48% de nuestras necesidades internas de gas L. P. con la característica adicional que la configuración regional de esa dependencia plantea un gravísimo problema en caso de una supresión del abastecimiento externo y en el mejor de los casos un desequilibrio entre las tarifas de venta de gas LP en el país que puede dar lugar a justificadas protestas sociales.

Como ya se vió, no se puede pasar por alto el efecto de los precios de importación de gas LP en la balanza comercial. En el supuesto caso que las importaciones del año de 1974 fueran idénticas a su nivel de 1972 (1,055 millones de kilogramos) y que permanecieran estables los precios registrados en el mes de febrero de 1974 (35 centavos de dólar por galón, equivalente a \$ 2,135 por kilogramo de gas LP), el valor de las importaciones se elevaría a 2,252 millones de pesos (180 millones de dólares).

Basta citar que el valor de la importación del año de 1972 fué de 500 millones de pesos aproximadamente, para comprender la trascendencia de la cifra consignada para el año de 1974 y la cual indudablemente agravará el déficit de la balanza comercial.

Se debe expresar que ya se han diseñado, y en ciertos casos adoptado algunas medidas para influir en el comportamiento de la demanda de gas LP. desde luego que los nuevos precios serán factor principal en la corrección de la demanda, pero también se piensa que no deben ser un correctivo discriminante, por tratarse de un producto de primera necesidad ligado estrechamente a la satisfacción de necesidades domésticas básicas. -- Así, como primera acción de lo que deberá ser un cuerpo integrado de disposiciones en materia de energéticos, se está intentando influir sobre el consumo global de gas LP desalentando y prohibiendo en su caso los consumos no justificados.

Así, lo razonable es pensar en una solución basada en la disponibilidad interna de energéticos, concretamente de gas natural. Sólomente mediante el impulso decidido a la distribución de gas natural en gran escala para satisfacer las necesidades de los sectores doméstico y comercial, será como se podrá a la postre racionalizar la distribución de gas en México, teniendo presente que esta racionalización trascenderá el aspecto muy importante del abastecimiento, pero que no resulta el único dentro de esta gran tarea a realizar.

## 2.- EL CARBON EN MEXICO

### a) Antecedentes.

En nuestro país la primera mina de que se tiene noticia, es la llamada Cueva de los Españoles, en la región carbonífera de Coahuila, usándose el carbón extraído como combustible en las fraguas. No se tiene noticias exactas de la fecha de su explotación, solo se sabe que es anterior a 1884.

En el año de 1884, la empresa denominada Sabinas Coal Mines Company, inició los trabajos de explotación en las minas de San Felipe ubicadas en la misma región carbonífera de Coahuila, región que hasta la fecha ha venido siendo la fuente principal de abastecimiento de carbón para nuestro país. A partir de entonces se logró una producción de 200,000 toneladas en 1890, para alcanzar la cifra de 1,304,111 toneladas en 1910.

En los albores de la Revolución y durante el movimiento armado, la producción se vió restringida en una forma brusca, a tal grado que en el año de 1916 sólo se produjeron 300,000 toneladas. Pasando el movimiento-armado nuevamente se incrementa la producción, para alcanzar la cifra de 1,444,498 toneladas en el año de 1925.

Hasta por los años de 1930, la principal utilización del carbón estaba enfocada en la industria minera y en los ferrocarriles, donde era consumido como combustible.

Durante los años de 1931 a 1935, nuevamente la producción disminuye como consecuencia de la sustitución de locomotoras que utilizaban como combustible el carbón, por las de combustible Diesel.

El desarrollo de la industria siderúrgica y la marcada tendencia a la industrialización general del país, han contribuido a que la producción mexicana de carbón haya venido incrementándose hasta la fecha.

Por la circunstancia de que México es un país productor de petróleo y el pensamiento de que los combustibles líquidos y gaseosos son de empleo

más cómodo y económico, ha quedado relegado el aprovechamiento del carbón mineral como fuente de abastecimiento para generar energía eléctrica.

b) Reservas de Carbón en México.- Del estudio y del análisis de los datos con que se cuenta hasta la fecha, se estima que las reservas de carbón "in situ" en México ascienden a 2,129 millones de toneladas distribuidas como sigue:

	<u>Millones de</u> <u>Ton. toneladas</u>
Reservas Positivas	448.17
Probables	137.86
Posibles	<u>1,546.03</u>
	<u>2,129.06</u>
	=====

Estas reservas corresponden a los yacimientos de carbón con un promedio de 1.5 metros de espesor y a menos de 300 metros de profundidad, afectados con un factor de seguridad, que se ha llamado lenticularidad, o sea la forma en que se presentan los yacimientos en cuanto a su espesor que no permiten hacer su explotación desde un punto de vista económico. Estas reservas comprenden las regiones de Sabinas y Rio Escondido en el Estado de Coahuila; San Marcial y Santa Clara en Sonora y Tezoatlan, Consuelo y Mixtepec en Oaxaca.

Cabe señalar que además existen áreas localizadas en los estados de Veracruz, Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Tabasco, Puebla, Michoacán, Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco, Colima, Guerrero, Chiapas y San Luis Potosí, en donde se ha comprobado la existencia de manifestaciones de yacimientos de carbón que no han sido incluidos en los datos anteriores puesto que no se conoce ni su composición ni sus características.

c) Producción actual.- Durante los últimos 10 años se produjeron 25.9-

millones de toneladas de carbón y se importaron 1.3 millones de toneladas, lo que representó al 4.4% de la oferta total de carbón; en cuanto al coque se produjeron 12.7 millones de toneladas y se importaron 2.6 millones, es decir el 17.1% de la disponibilidad total de coque.

Por lo que se refiere al año de 1972 la producción de carbón "todo uno" (es aquel tal como se extrae de la mina), fué de 3,579 millones de toneladas y la de coque a 1.705 millones, habiendo sido las importaciones de 382 500 y 435 300 toneladas respectivamente.

Cabe señalar que las importaciones de carbón han aumentado en forma acelerada de 45 000 toneladas en 1963 a 383 000 en 1972 y las de coque de 21 000 a 435 000 durante el mismo período, es decir, se han incrementado 8 y 20 veces respectivamente.

d) Consumo aparente.- El consumo aparente de carbón, incluyendo al coque en término del primero, ascendió a 4.88 millones de toneladas, de las cuales se importó el 26.7% del consumo total.

La distribución porcentual en cuanto a la utilización, fué en 1972, como sigue:

	<u>%</u>	<u>Millones Tons</u>
Siderurgia	82.9	4.051
Minero - Metalúrgica	14.2	0.696
Sector eléctrico	<u>2.9</u>	<u>0.140</u>
TOTAL:	100.00	4.887
	=====	=====

e) Contribución en el balance energético.- La participación del carbón en la oferta primaria de energía de nuestro país ha sido insignificante, por un lado cabe señalar que la abundante disponibilidad de hidrocarburos a precios relativamente bajos, desalentó durante muchos años

la utilización extensiva del carbón con fines energéticos, principalmente en la generación de energía eléctrica, pero ante la actual situación, en que la "energía barata", derivada del petróleo ha desaparecido y que se hace más evidente la necesidad de diversificar las fuentes primarias de energía, el carbón aparece en primer término, como elemento de equilibrio a corto plazo, para aliviar la enorme responsabilidad que gravita sobre los hidrocarburos líquidos y gaseosos.

- f) Regiones con posibilidades carboníferas.- La explotación y el aprovechamiento de los yacimientos del carbón, se ha limitado a los lugares de consumo y a las necesidades principalmente de la industria siderúrgica y en menor grado de la metalúrgica, explorando únicamente mantos con profundidades menores de 300 mts. y más de 1.5 mts. de espesor, pero como se mencionó anteriormente, hay varias zonas en que se han encontrado afloramientos o bien se han conocido ocasionalmente al perforar pozos someros.

Las regiones o cuencas conocidas a la fecha en donde puede impulsarse la explotación y uso del carbón se localizan principalmente en el estado de Coahuila y son las cuencas de Río Escondido, Lampacitos, San Patricio, Saltillito, Las Esperanzas, Las Adjuntas y la Cuenca de Sabinas.

### 3.- ENERGIA NUCLEAR EN MEXICO.

a) Nuevos recursos energéticos.- Si se toma en cuenta el aumento de precio de los hidrocarburos, su escasez, la acentuada dependencia del petróleo y del gas al consumo energético nacional (que representa un 90%), representa un reto el liberar a los hidrocarburos, en lo posible, de los usos inconvenientes que de ellos se hacen y aprovecharlos en procesos industriales de más alto rendimiento.

En la presente década, la energía hidroeléctrica, el carbón y el uranio contribuirán a resolver los aumentos en la producción de electricidad y, en la próxima, seguramente la carga principal recaerá en el uranio y el carbón.

Estimaciones recientes indican que el consumo anual de electricidad de origen nuclear en el mundo será de un 20% en 1980, en 1990 igualará (50%) al total producido por los demás energéticos y que, para fines de siglo, la nucleoelectricidad aumentará su participación hasta un 70% del total.

En las aludidas condiciones, la alternativa de más significación para un uso racional de nuestras fuentes tradicionales de aprovisionamiento es el desarrollo del uranio como nuevo recurso energético y, en consecuencia, una de las tareas de máxima prioridad en el Instituto Nacional de Energía Nuclear es la localización en el país de nuevos depósitos de minerales de uranio, hasta constituir reservas suficientes, acordes con la creciente utilización en los próximos años de combustibles nucleares para la generación de electricidad.

Se está en el comienzo, con metas y propósitos definidos, de una etapa que habrá de caracterizarse por el impulso considerable que será necesario destinar al desarrollo de la energía nuclear.

Tras de los progresos científicos del presente siglo, ahora se considera que la energía nuclear se usará por muchos centenares de años, quizá de milenios, en alguna de sus dos modalidades: la fisión o la

fusión.

Sólidamente han de prepararse y emprenderse las tareas para la utilización de energía nuclear en México. El primer punto a despejar es la localización de minerales radiactivos. Hasta 1971, la partida tradicional concedida para la exploración de minerales de uranio fué de 6 millones de pesos, con algunas fluctuaciones. Para 1972, se autorizaron 24 millones de pesos para estos trabajos, cuadruplicando la cantidad anterior; en 1973 se gastaron 35 millones y en 1974 se espera invertir 60 millones de pesos en exploraciones.

- b) Desarrollo de la energía nuclear.- El Instituto Nacional de Energía Nuclear en corto lapso, ha alcanzado resultados de importancia. Se integró con un grupo de geofísicos y geólogos que laboran activamente en la localización de minerales radiactivos, y se ha adquirido el equipo necesario para formar las primeras brigadas de trabajo.

Se cuenta con un avión Britten Norman Islander, en el cual se ha instalado alrededor de 16 000 centímetros cúbicos de cristales de yoduro de sodio activados con talio para la detección de anomalías radiométricas desde el aire. Cuenta con espectrómetro gamma de cuatro canales, el primero de los cuales se utiliza para la detección de potasio 40 de las rocas. El segundo para el conteo total de la radiación emitida o registrada. El tercero para la detección del bismuto 214 que por ser un miembro de la cadena radiactiva del uranio 238 permite inferir sobre la abundancia de este importantísimo elemento; y, el último que detecta el talio 208, que es un miembro de la cadena del torio 232, y por lo tanto, también se puede obtener valiosa información sobre este material radiactivo. Se dispone, además, de un equipo muy moderno de navegación para localizar con toda precisión los puntos en que se observen anomalías que van siendo captadas, de un medidor de alturas sobre tierra y de una cámara fotográfica de 35 mm.

Todos estos datos y otra información especializada, quedan registra-

dos en cintas magnéticas que posteriormente se procesan en la computadora del Centro Nuclear, para sus análisis y trazado de curvas de igual nivel de radiación para cada elemento.

La computadora de que se dispone es una PDP 15 muy completa, que contiene una consola de representación gráfica y un registrador X-Y de un metro, con un sistema de discos para almacenar los datos. Esta computadora está acoplada a otra de mucho mayor capacidad PDP 10 donde se procesan los datos antes de ser enviados a la PDP 15. En tal forma, el Instituto cuenta con el equipo más moderno para el estudio y localización del uranio. Investigaciones similares a la que se va a iniciar, han dado resultados muy satisfactorios en Australia, Africa y Canada.

Por ese método se pueden localizar no sólo los yacimientos superficiales de uranio, sino los que se encuentran en profundidad, debido a que el uranio produce un gas radiactivo, llamado radón, que llega a la superficie a través de grietas o por la porosidad misma de los terrenos, que se capta por los equipos detectores de muy alta sensibilidad tanto aéreos como terrestres.

Se tiene un helicóptero que cuenta con un espectrógrafo de 4 canales para la detección simultánea de uranio, torio y potasio y con un volumen detector de 7 000 centímetros cúbicos.

Además con dos espectrógrafos con cristales de gran tamaño (1 800 centímetros cúbicos) montados en camiones, para estudios de anomalías que pueden ser detectadas desde este tipo de vehículos. En adición, se cuenta con un gran número de espectrómetros y magnetómetros portátiles, que serán usados para el estudio de anomalías locales que hayan sido descubiertas por medio de los espectrógrafos instalados en el avión, helicóptero o camiones.

Una vez localizadas las zonas favorables, es necesario explorar y en casos positivos cuantificar los depósitos, empleando perforadores. Ac-

tualmente esta actividad se realiza en las dos siguientes regiones:

i) Planicie costera de Nuevo León y Tamaulipas.

Esta región del noroeste del país comprende una amplia zona de sedimentos terciarios favorables a la acumulación del uranio. En una porción reducida de ella se realizan trabajos de perforación. Corresponde a sedimentos de Oligoceno, los cuales están constituidos por una alternancia de arenas y arcillas, y cubiertos irregularmente por suelos arcillosos y conglomerados.

Desde 1973 se tiene en operación cinco máquinas de perforación rotatoria, con capacidad hasta 250 metros de profundidad; complementadas con equipo gráfico de medición de radiactividad gamma, resistividad y autopotencial, con sensibilidad y precisión suficientes para determinar potencia y grado (espesor y ley) del intervalo mineralizado con uranio y la litología cortada por el barreno.

En este período se han perforado 630 pozos, localizando importantes yacimientos con leyes superiores a 1 kg. por tonelada a profundidades variables entre 20 y 80 metros. El uranio se encuentra diseminado formando cuerpos lenticulares contenidos en capas arenosas, dispuestas entre rocas arcillosas.

Complementa estos estudios el análisis geológico y geofísico de los recortes proporcionados por la barrena, mediante técnicas convencionales de geología de subsuelo y con el auxilio de instrumentos gamamétricos portátiles; además, la extracción de núcleos en zonas de interés que sometidos a análisis de laboratorio permiten la verificación de resultados.

ii) Zona de Peña Blanca, Estado de Chihuahua.

Se localiza al norte de la capital del Estado y comprende una cadena de sierras constituidas principalmente de rocas sedimentarias calizas del mezozoico, subyacentes a una potente secuencia volcánica de tobas y lavas riolíticas del terciario. Se han descubierto mineralizaciones de --

uranio en zonas de alteración y en fracturas, tanto en las calizas como en las rocas volcánicas, llegando en ambos casos a constituir yacimientos como ocurre en las minas La Domitila, El Nopal y en la importante mina de Las Margaritas, descubierta en 1973.

Actualmente se operan cinco perforadoras de superficie, de tipo percusión neumática y dos perforadoras con corona de diamante para recuperación de núcleos, una de ellas susceptible de operarse desde el interior de las minas. Las perforadoras de aire cuentan con aditamentos especiales para la recuperación del polvo y detritus producidos por la barrena, los que son objeto de un análisis radiométrico preliminar en el campo y posteriormente en el laboratorio.

Gracias a esos trabajos, las reservas comprobadas de explotación comercial pasaron de 750 toneladas de óxido de uranio en septiembre de 1972 a más de 4 000 toneladas en la actualidad.

c) Proyectos.- Para satisfacer las necesidades de la Comisión Federal de Electricidad en las dos unidades en construcción que integran la planta nucleo-eléctrica de Laguna Verde, Veracruz, figura en los planes del Instituto construir durante el año en curso, en la zona de El Nopal, Chihuahua, su primera planta de beneficio industrial de minerales de uranio, con capacidad anual de producción de 140 toneladas de concentrados de este mineral. Están terminados los estudios relativos a su proceso en escala de laboratorio, piloto y semi-industrial, que concluyeron como procedimiento más económico y adecuado el de lixiviación estática, que permitirá recuperar más del 80% del uranio a costo muy bajo. La inversión necesaria para la instalación de esta planta es de 20 millones de pesos, aproximadamente. Otra ventaja básica de este sistema es que la planta será transportable y reutilizable en la explotación de los otros yacimientos.

El INEN tiene previsto el desarrollo de las diversas etapas para la fabricación de combustibles nucleares, que implica intensos años de la--

bor. Para la refinación de los concentrados de uranio se tiene muy adelantado el diseño de una planta piloto que transformará los concentrados de uranio en otros productos altamente purificados hasta llegar al hexafluoruro de uranio, que es la materia propia para ser enviada a las plantas de enriquecimiento y, tras de obtener el uranio enriquecido, elaborar el tipo de combustible que utilizarán los dos reactores nucleares de Laguna Verde.

Otro de los procesos tecnológicos más importantes que habrán de ser puestos en marcha por el Instituto, es la manufactura del combustible en su forma final, o sea: la transformación del hexafluoruro de uranio enriquecido en pastillas de óxido de uranio y el encapsulado de las mismas en tubos de circonio.

Para el desarrollo de la fábrica de combustibles nucleares, el Instituto trabaja con un calendario que permitirá tenerla en producción en un plazo de cinco años.

Otra etapa crucial está constituida por la asimilación y el desarrollo de la tecnología necesaria para que los reactores del presente y del futuro se construyan parcial o totalmente en México. Los reactores actuales de potencia que se utilizan en la producción de electricidad, en una u otra forma requieren de uranio 235 que es justamente el isótopo del uranio más escaso en la naturaleza.

Los reactores del futuro, llamados de "cría", utilizarán el uranio 238 que es el naturalmente más abundante y, por ello la necesidad de uranio disminuirá notablemente y con ello la necesidad de su enriquecimiento. También, desde ahora, el Instituto está formando el personal que asimilará y desarrollará la tecnología de esos reactores que emplean sodio líquido como refrigerante, en vez del agua que utilizan los reactores actuales.

Si tenemos presente que el uranio a diferencia del petróleo, el gas, el agua y el carbón, no tiene usos pacíficos alternos, puesto que sirve fun

damentalmente como combustible; si además se considera que la electricidad nuclear era totalmente competitiva, en cuanto al costo de producción con la energía generada por combustibles convencionales, incluso - antes de la elevación, sin precedente, del precio de los hidrocarburos; si, igualmente, estimamos que el recurso energético quizás más abundante en el país, por los indicios geológicos favorables que de él se tienen, es el uranio y si, dentro de este orden de ideas, también se aprecia la posibilidad de transferir y desarrollar tecnologías altamente - eficientes, como son las nucleares.

Ahora bien, se requieren de siete a ocho años entre la decisión de instalar una planta nuclear y la fecha real de la incorporación de la energía que genere a las redes de distribución.

Un reciente estudio del Organismo Internacional de Energía Atómica sobre el mercado de la energía nucleoelectrica en 14 países en desarrollo, antes de la actual crisis de energéticos, concluye que la potencia nucleoelectrica instalada ascenderá en México a 15 470 MW para 1989, sobre una capacidad instalada total de 36 521 MW., o sea que las centrales nucleares representarán más de un 45% en el sistema nacional de generación de electricidad. Para abastecer de combustibles a esas centrales se requieren cerca de 20 000 toneladas de concentrados de óxido de uranio. La prioridad de los trabajos de exploración es evidente para - asegurar la autosuficiencia de uranio en los programas de expansión nucleoelectrica. Hasta ahora, la Comisión Federal de Electricidad instala en Laguna Verde, Veracruz, una planta nucleoelectrica con dos unidades de 650 MW cada una, y están por tomarse nuevas decisiones para la - adquisición de otras plantas. Es propósito del INEN localizar lo más - rápidamente posible nuevos depósitos de minerales de uranio que garantien los consumos que se esperan para el próximo decenio y desarrollar - su programa tecnológico e industrial para la elaboración de combustibles nucleares y la de componentes de reactores. Está prevista una inversión

global para el lapso de 1974-1976 de 550 millones de pesos, de los cuales aproximadamente se aplicarían a exploración 310 millones y 240 millones - al desarrollo de la industria nacional de combustibles nucleares que está a cargo del Instituto, así como al desarrollo de reactores.

Para dar algunas cifras que en forma estimada den una magnitud del esfuerzo a cumplir por el Instituto, de llevarse a cabo un programa de desarrollo nucleoelectrico como el incluido en el estudio del OIEA, se debería mencionar que en 1989 el consumo acumulado de óxido de uranio sería cercano a las 20 000 toneladas; que para ese año se necesitaría haber descubierto reservas de 60 000 toneladas más del propio óxido de uranio contenido en los minerales, para dar una relación de 20 veces el consumo — (3 mil toneladas) del año que sirve de referencia, lo que habría hecho - indispensable invertir, al valor adquisitivo del peso en 1974, 4 mil millones de pesos en exploraciones, tanto por el uranio consumido como por el que debe integrarse a las reservas.

Además, el costo de los combustibles nucleares que hubieran de utilizarse en el lapso 1978-1989, ascendería probablemente a 10 mil millones de pesos; 5 mil millones al costo atribuible al uranio, 2 mil 500 millones al de su elaboración y, el saldo, a los servicios de enriquecimiento, a cuyo efecto en la industria nacional de combustibles nucleares confiada al Instituto se habrían realizado inversiones de un monto cercano a los — 2 mil 800 millones de pesos, sin contar los gastos de exploración ya señalados.

#### 4.- ENERGIA GEOTERMICA EN MEXICO.

México inició a partir de la década de 1950, los estudios tendientes al aprovechamiento de la energía geotérmica, trabajos que hicieron posible en 1960 el funcionamiento de la primera planta experimental geotermoeléctrica, con capacidad de 350 kw., y que, en el año pasado se pusiera en operación la primera planta geotermoeléctrica comercial de América Latina con capacidad en sus dos primeras unidades, de 75 megavatios (37.5 mgw cada una). El proyecto total de Cerro Prieto, en el Estado de Baja California, al que corresponde esta planta, prevé un desarrollo total hasta los 360 megavatios.

Los trabajos de exploración en Cerro Prieto se emprendieron al comenzar la década de 1960, y la construcción de la planta se inició en 1969 con el éxito ya señalado.

Por encontrarse Cerro Prieto en una zona desértica, se construyó una planta piloto para el suministro de agua potable, a partir del vapor subterráneo, para satisfacer las necesidades de construcción de la geotermoeléctrica. Esa planta, que sigue en operación, está aportando los informes y experiencia necesarios para planear el aprovechamiento de agua en gran escala.

Para ello, dos organismos estatales, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión para el Aprovechamiento de Aguas Salinas, trabajan en forma conjunta en varios estudios relacionados con la obtención de agua potable, mediante el aprovechamiento del vapor hipogénico ya utilizado en las turbinas, lo cual podrá aplicarse para el abastecimiento de agua de buena calidad a ciudades cercanas a ese tipo de instalaciones.

México trabaja en la actualidad, a través de su Comisión Federal de Electricidad, en tres zonas geotérmicas, las cuales se localizan en Pathé, en el Estado de Hidalgo, e Ixtlán de los Hervores y los Negritos, en el de Michoacán, donde se instalarán sendas plantas geotermoeléctricas. También

se hacen los estudios preliminares con la misma finalidad en distintos lugares de los estados de Jalisco, Puebla y Oaxaca. Asimismo, se encuentra en elaboración un censo de las zonas geotérmicas del país, en el cual se consignan, además, los datos respecto a sus posibles potencialidades.

Igualmente, se han emprendido los trabajos de investigación necesarios tendientes a la recuperación de los productos químicos que se encuentran, disueltos o en suspensión, en el agua separada del vapor al fluir de los pozos, por lo que se puede vislumbrar para el futuro el desarrollo o industrialización de las regiones geotérmicas.

IV LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO.

IV LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO

- A) Producción y Distribución de la Energía Eléctrica
- B) Programa General de Construcción
- C) Importancia de las Reservas Energéticas.



QUIMICA

#### IV.- LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO

A) Producción y distribución de la energía eléctrica.- En la figura adjunta No. 4 se muestra la forma en que se distribuyó el consumo de energía en el País en el año de 1972. El consumo total de energía correspondiente a dicho año fué de 420 por  $10^{12}$  kilocalorías y comprende la energía de los hidrocarburos, la energía eléctrica consumida y del carbón utilizado en la siderurgia.

En la figura No. 4 citada es conveniente destacar que de la energía puesta a disposición de los usuarios, el 92.4% está representado por los hidrocarburos y sólo el 7.6% por la energía generada en el Sector Eléctrico. Y también es interesante señalar que del total de hidrocarburos consumidos más de la cuarta parte se utiliza en vehículos automotrices. Esto quiere decir que la energía consumida por dichos vehículos anualmente es más del triple de toda la energía suministrada por el sector eléctrico.

En la figura No. 5 adjunta se muestra, como un planteamiento general preliminar las perspectivas del desarrollo de la producción de energía eléctrica en México, considerando diferentes posibles tasas de desarrollo para diferentes períodos y una misma tasa de crecimiento de la población de 3.28%, para obtener una perspectiva del incremento progresivo de la relación de kwh/habitante, hasta alcanzar aproximadamente en el último período los niveles actuales de consumo promedio de los países industrializados.

En la figura No. 6 se presenta en forma esquemática la estructura general de los principales sistemas eléctricos de la República Mexicana tal como se encuentra en el momento actual. Puede observarse un sistema central interconectado que incluye los sistemas tradicionales: Central, Oriental, Occidental y Colotlipa Acapulco. En este conjunto de sistemas existe, como sabemos una zona con frecuencia de 50 Hz. y otra de 60 Hz.

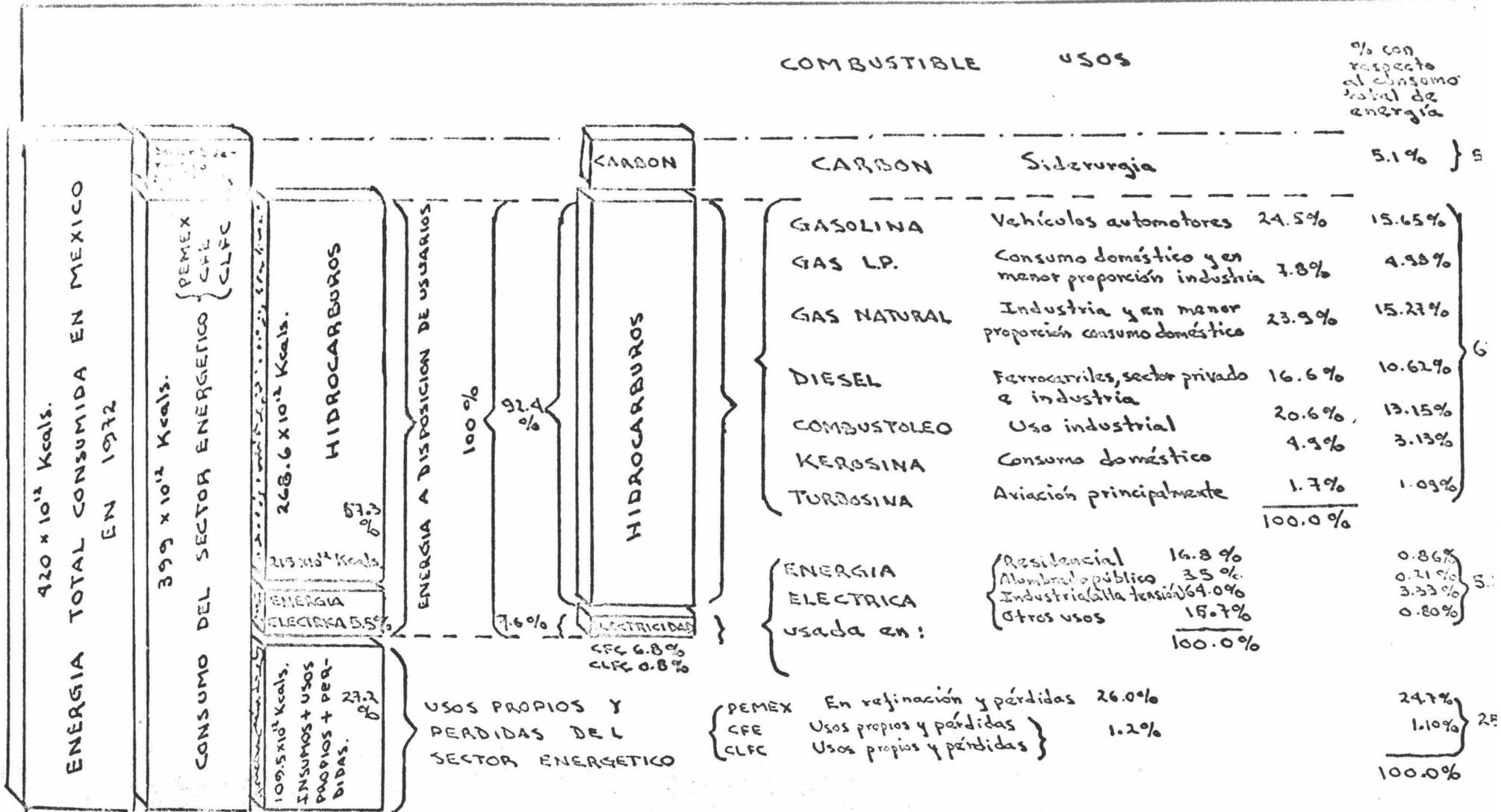


FIGURA II

# PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO

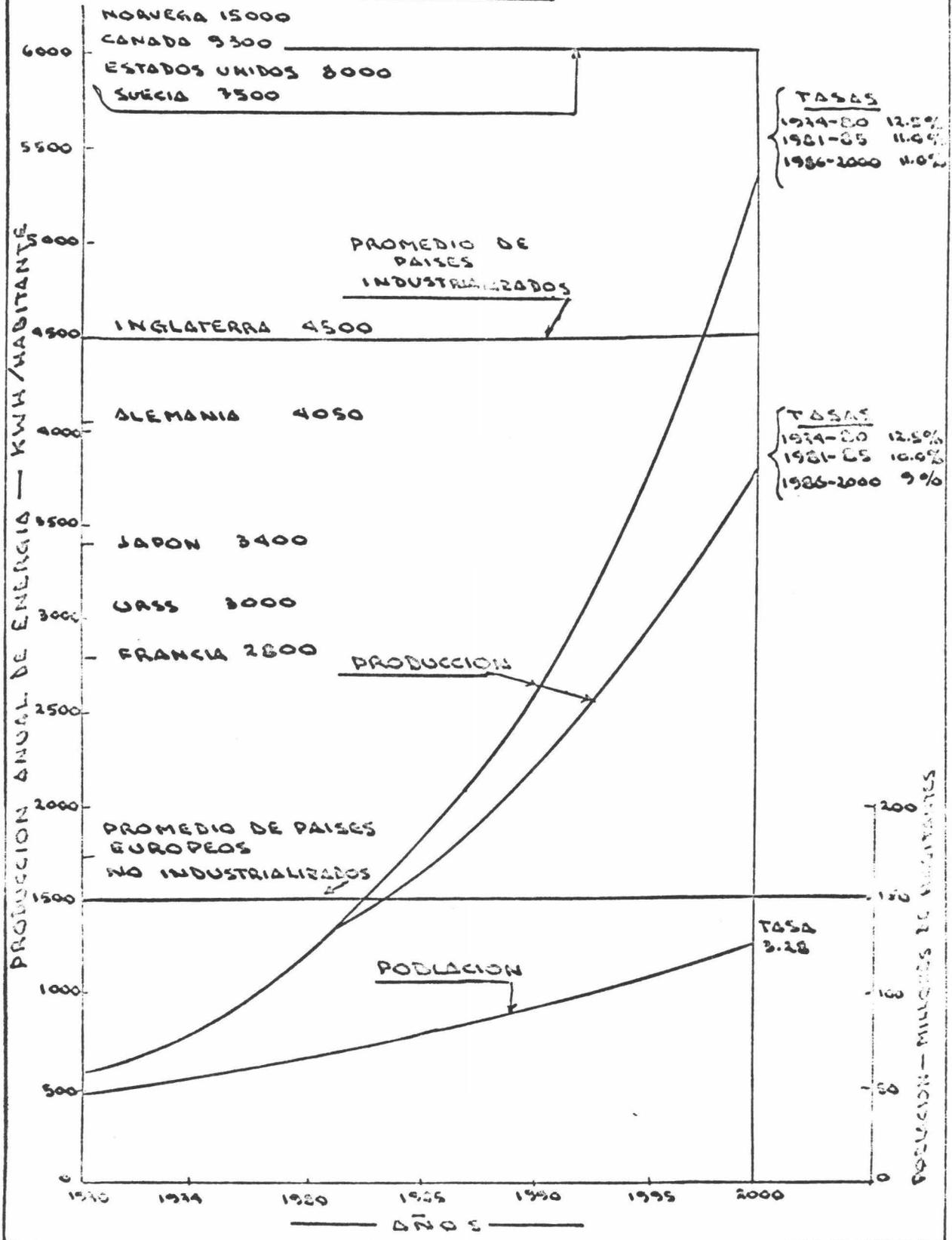


FIGURA 5

COMISION FEDERAL DE REGULACIONES  
PRINCIPALES SISTEMAS ELECTRICOS



FIGURA 6

encontrándose ya en un proceso organizado de conversión para unificar la totalidad a 60 Hz. Actualmente se han convertido ya 232, 780 Kva. de 50 a 60 Hz. en las zonas de Toluca y Cuernavaca. Es importante señalar, — sin embargo, que mientras este proceso tiene lugar las unidades generadoras de la Planta de la Villita, la Unidad # 3 de la Planta de Tepuxtepec y las Unidades Jet de la Planta de Valle de México, que indistintamente pueden trabajar a 50 ó 60 Hz. según convenga, han permitido operar los dos sistemas con una gran flexibilidad de intercambio de recursos, lo que ha hecho posible, por consiguiente, una mejor operación de los dos sistemas.

En la figura No. 7 se muestra en forma gráfica la evolución del uso de los energéticos, desde el año de 1963 hasta el año de 1972, pudiéndose observar en la misma que mientras que el uso de los hidrocarburos se ha aumentado en el lapso citado en una proporción de 1.8 a 1.0, el consumo de energía eléctrica se ha incrementado en la relación de 2.6 a 1.0, lo que permite apreciar el dinamismo del sector eléctrico, aunque por otra parte la energía generada por este sector representa una parte menor de la energía total consumida.

La terminación del proceso de unificación de frecuencia representará un paso importante en la integración del sistema interconectado nacional, cuya formación reportará considerables beneficios técnicos y económicos a la operación y desarrollo eléctrico del País.

La capacidad total instalada en este conjunto de sistemas es de 4,938 Mw. Los otros Sistemas de la República son: El Falcón Monterrey; Torreón—Chihuahua, que opera ya como un Sistema Interconectado, con una capacidad total instalada de 1,160 Mw.

El Sonora—Sinaloa con 583 Mw, el Tijuana—Mexicali con 369 Mw, el de Yucatán, con 136 Mw y el de Ciudad Juárez con 29 Mw y otros Sistemas pequeños separados con un total de 168 Mw.

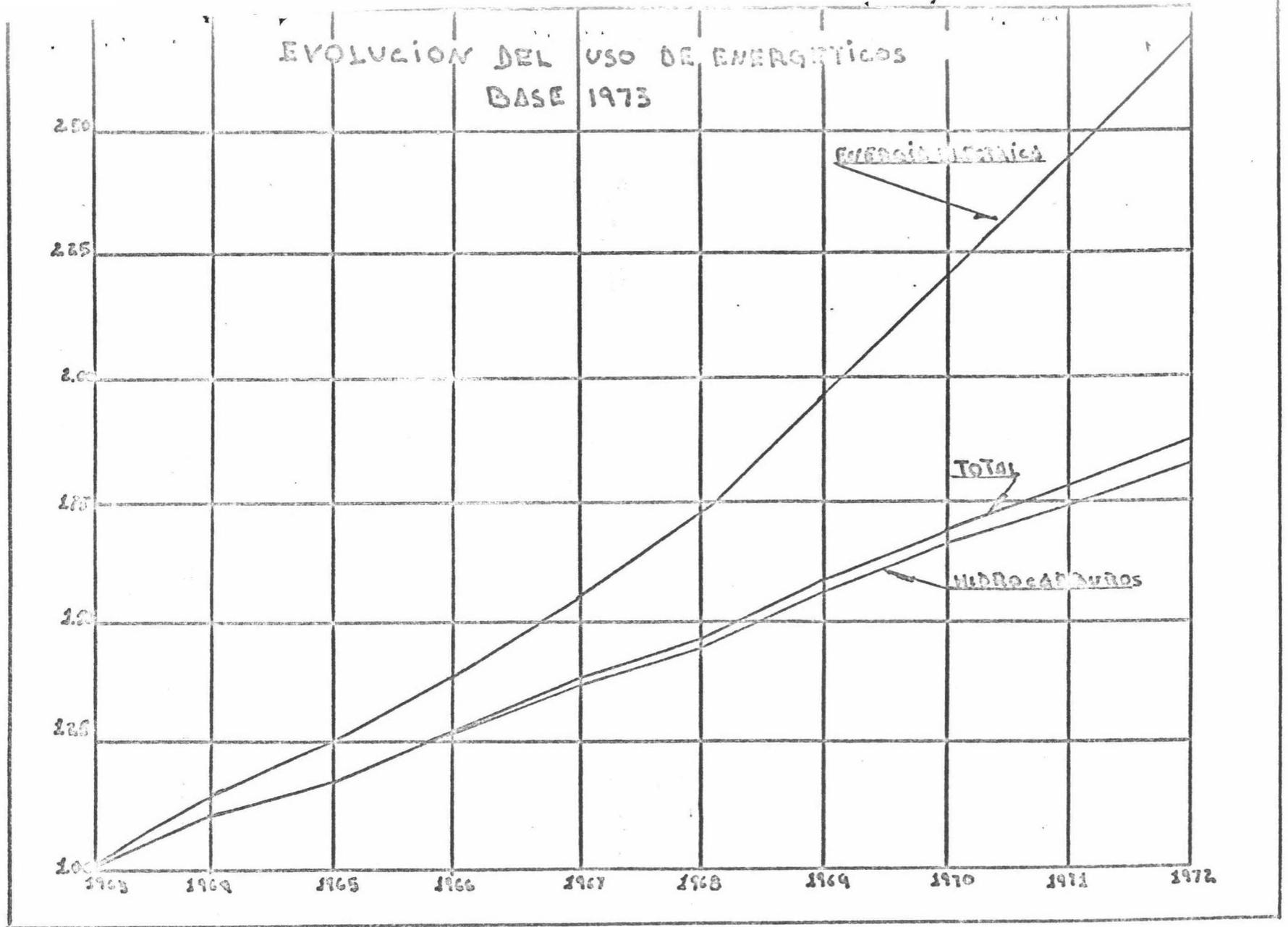


FIGURA 7

La industria eléctrica mexicana registró otro muy buen año de desarrollo en 1973, con avances considerables en la construcción de diversos proyectos clave tendientes a aumentar la capacidad generadora del sistema. Después de varios años de estudio y de discusión se pusieron en vigor nuevas tarifas de energía eléctrica para los consumidores tanto industriales como residenciales. Para el año, y muy a pesar de la escases periódica en algunas importantes áreas urbanas e industriales, el crecimiento de la industria fué de 8% en comparación con el de 9.5% del año anterior y el de 11.2% en 1971. En 1973 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y sus filiales aumentaron notablemente sus programas de inversión y hubo indicios de que se intensificarán más aún como resultado de la elevación de las tarifas. Los programas de expansión iniciados o continuados durante 1973 formaron parte del programa general para aumentar a un mínimo de 12 millones de kilowatts para 1976 el nivel total de la capacidad de generación y hasta 15.7 millones dos años más tarde; ésto, comparado con una capacidad ligeramente mayor a 9 millones de kilowatts para fines de 1973 (al 31 de diciembre de 1973 se hallaban en proceso de construcción una planta generadora con capacidad de 1.14 millones de kilowatts).

Durante 1973 la capacidad nacional de generación de energía eléctrica aumentó en 956,400 kilowatts para ascender a 9.06 millones (Tabla No. 3). En 1972 la capacidad se había aumentado en 224,880 kilowatts. A fines de 1973, la CFE y su principal filial, la Cfa. de Luz y Fuerza del Centro, S. A. (CLFC), que en conjunto representan el 95% de la generación y las ventas de energía eléctrica en el país, informó que cuenta con un total de 6.85 millones de consumidores, 5.9% más que el año anterior (en 1963, diez años antes, entre los dos sistemas apenas tenían 1.75 millones de consumidores). En 1973 la CFE y la CLFC contaban con un capital combinado superior a \$ 45,000 millones de pesos y las ventas anuales eran de aproximadamente \$6,700 millones, aunque hubo indicios de que durante el año operaron con un pequeño déficit. La generación total necesaria del sector eléctrico en el año de 1973 fué de 37,496 millones de Kwh con la-

PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA

(cifras en millones de KWH)

	<u>1960</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>
Capacidad instalada (000 KW)	3,021	7,038	7,881	8,106	9,062
Consumo aparente	11,194	28,790	31,543	35,125	37,895
Generación	10,636	28,606	31,322	34,815	37,496
Importación	558	184	221	310	399
Distribución aparente					
Total	7,227	26,094	28,390	31,637	33,946
A la industria	2,981	10,595	11,580	12,928	14,368
A los comercios	1,084	4,147	4,296	4,735	5,125
A la agricultura	289	1,468	1,524	1,728	2,039
A consumidores domésticos	1,807	5,701	6,037	6,541	6,920
Capacidad (000 KW)					
Servicio público	2,308	5,971	6,769	7,078	8,080
Compañías privadas o mixtas	713	1,107	1,112	1,028	982
Generación					
Servicio público	8,409	25,047	27,750	31,495	33,984
Compañías privadas o mixtas	2,227	3,559	3,534	3,320	3,512

Fuente (Data): C.F.E., S.I.C.

distribución siguiente:

Plantas termicas convencionales	38.4%
Plantas hidroeléctricas	43.5%
Plantas Diesel y turbogas	17.0%
Geotérmia y carbón	<u>1.1%</u>
	100.0

B) Programa General de Construcción.- Para cubrir las necesidades de generación futuras se tiene en proceso de desarrollo un programa de construcción de plantas que se sintetiza en la tabla 4 y que en resumen consiste en incrementar la capacidad de generación en 7,912 Mw en el período 1974-78.

Paralelamente se trabaja en el correspondiente programa de construcción de líneas de transmisión, subestaciones y sistemas de subtransmisión y distribución de energía eléctrica. En la figura No. 8 se muestra esquemáticamente la configuración general de los sistemas al finalizar el año de 1978. Conviene destacar aquí el hecho de que en ese tiempo el Sistema Interconectado Nacional cubrirá prácticamente toda la República, a excepción de las penínsulas y de pequeños sistemas de importancia menor. Actualmente se están realizando estudios en particular para analizar la conveniencia de anticipar la interconexión de los sistemas Tijuana-Mexicali y Yucatán, con el Sistema Interconectado Nacional.

Conviene destacar aquí que en el momento actual se encuentran en proceso de construcción importantes obras de generación, entre las que podemos citar las siguientes:

Plantas Hidroeléctricas:

Primera etapa de Angostura con 540 Mw.

Segunda etapa de infierniello con 330 MW

Humaya con 90 Mw.

Plutarco Elías Calles con 45 Mw



Plantas Termoeléctricas:

Tula, con 1,200 Mw.

Tampico, con 916 Mw.

Segunda etapa de Salamanca con 600 Mw.

Mazatlán, con 300 Mw.

Ciclo combinado de Dos Bocas, Ver., con 480 Mw.

Ciclo combinado de Gómez Palacio, Dgo. con 240 Mw.

Primera etapa de la Planta de Carbón de Río

Escondido, Coah. con 320 Mw.

Plantas Nucleares: Laguna Verde, con 1,308 Mw.

C) Importancia de las reservas energéticas.- De las cifras anteriormente expuestas se puede observar que a pesar de que el programa actual hace énfasis en la construcción de Plantas Hidroeléctricas e incluye un complemento substancial en plantas nucleares y de carbón, la proporción de generación asignada a hidrocarburos es todavía importante.

Esta situación hace imperativo el revisar y aclarar mejor los conceptos básicos que permitan delinear una política energética adecuada a la etapa de desarrollo económico del país. La necesidad siempre creciente de la aplicación de la energía, tanto en los procesos productivos como en las muy diversas actividades de la vida del hombre y por otra parte, el hecho de que los recursos energéticos son limitados, imponen las necesidades de cunatificar los recursos, de desarrollar los más adecuados medios que permitan su uso en condiciones más eficientes y establecer un ordenamiento prioritario de sus aplicaciones.

Dentro de este contexto general de optimización de los recursos energéticos del país, el Sector Eléctrico orienta su desarrollo sobre la base de la mejor utilización de los recursos disponibles para generación de energía, ya sea por medios hidroeléctricos, hidrocarburos, carbón, nucleares

CAPACIDAD EN CENTRALES ELECTRICAS QUE ENTRABAN  
EN OPERACION EN EL PERIODO 1974 - 1978

<u>AÑO</u>	<u>HIDROELECTRICA</u>	<u>VAPOR</u>	<u>CICLO COMBINADO</u>	<u>TURBO GAS</u>	<u>CARBON</u>	<u>GEOTERMICA</u>	<u>NUCLEAR</u>	<u>TOTAL</u>
1974	165	384	140	88				777
1975	390	708	580	27				1,705
1976	450	1,253			320	37		2,060
1977	540	1,087				67		1,695
1978	180	787				55	654	1,676
<b>TOTAL:</b>	<b>1,725</b>	<b>4,219</b>	<b>720</b>	<b>115</b>	<b>320</b>	<b>159</b>	<b>654</b>	<b>7,912</b>

Tabla No. 4

y geotérmicos, manteniéndose a la expectativa de los avances tecnológicos en materia de generación eléctrica.

En la Tabla adjunta No. 5 se muestra el conocimiento actual del potencial hidroeléctrico de la República Mexicana. Cabe destacar que actualmente está en operación un conjunto de Plantas Hidroeléctricas cuya generación media anual representa el 26.7% de este potencial y está en construcción o por iniciarse próximamente, otro conjunto de plantas que permitirán aprovechar un 25.6% adicional por lo que las reservas para futuros proyectos son del orden del 47.7% del total, lo que representa un potencial hidroeléctrico correspondiente a una generación media anual del orden de 26,660 millones de Kw. que es apenas equivalente al 75% de la energía total generada en todo el País en el año de 1973, por el Sector Eléctrico.

TABLA No. 5

POTENCIAL HIDROELECTRICO EN LA REPUBLICA MEXICANA

R E S U M E N.

<u>C O N C E P T O</u>	<u>POT. INSTALADA MW.</u>	<u>GEN. MEDIA ANUAL GWH</u>
1.- Planta en operación	3521	14932
2.- Plantas en Proceso de Construcción	1015	2365
3.- Plantas en Programa a Iniciarse entre 1974 y 1975	5190	12029
4.- Proyectos factibles a corto plazo	1212	2636
5.- Proyectos internacionales	1550	5431
6.- Otros proyectos en estudio y Aprovechamientos pequeños.	4580	16500
	<hr/>	<hr/>
T O T A L:	17058	55893

TABLA No. 6

ESTRUCTURA GENERAL DE CONSUMO DE  
ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO

1 9 7 3

INDUSTRIAL	54.6%	A.T. General	35.8
		A.T. Minas	2.4
		Contratos Esp.	16.4
COMERCIAL Y ARTESANAL	13.7	Gral. más de 5 KW.	9.1
		Gral. menos de 5 KW	4.6
AGRICOLA	6.9		
RESIDENCIAL	16.8		
ALUMBRADO PUBLICO	3.6		
OTROS USOS	4.4		
T O T A L....	100 %		

V) ENERGIA SOLAR COMO FUENTE INAGOTABLE DE ENERGIA

V) ENERGIA SOLAR COMO FUENTE INAGOTABLE DE ENERGIA.

- A) Usos posibles de la Energía Solar
- B) Problemas Generales de Utilización
- C) Aplicaciones de la Energía Solar
- D) Convertidores Fotovoltaicos

## V.- ENERGIA SOLAR COMO FUENTE INAGOTABLE DE ENERGIA

Es un hecho, que los recursos no renovables, escasos o nó actualmente, llegarán a agotarse. Por lo tanto, predominarán aquellos que sean factibles de renovarse.

El aprovechamiento de la energía solar, pudiera ser, en un futuro muy-cercano, competitivo con los costos de energía de otras fuentes.

Por este motivo, se presenta a continuación, un capítulo en donde se - indican los posibles usos, así como un estudio por separado de cada -- uno de ellos, de esta fuente de energía inagotable.

A) Usos posibles de la energía solar.- En una lista parcial de posi-- bles usos de la energía solar figuran:

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| a) Calefacción Doméstica     | h) Refrigeració                  |
| b) Calentamiento de agua     | i) Destilación                   |
| c) Generación de energía     | j) Fotosíntesis<br>(Agricultura) |
| d) Hornos solares            |                                  |
| e) Cocinas                   | k) Evaporación                   |
| f) Acondicionamiento de aire | l) Control de heladas            |
| g) Secado                    |                                  |

Se han ensayado todos los usos citados de la energía en escala de labo- ratorio, y algunos de ellos ya se han industrializado.

Las instalaciones solares pueden considerarse clasificadas por tres ti- pos de aplicación: Primero, hornos solares, usados para usos semi-indus- trializados. En segundo lugar figuran los uso potenciales de disposicio- nes solares sencillas, como cocinas, refrigerantes y bombas de irriga- ción en regiones no industrializadas, con radiación segura y en donde - los actuales recursos de energía disponibles no son satisfactorios o re- sultan caros. Un tercer grupo de aplicación de energía solar podrá com

petir en el futuro económicamente con otras fuentes de energía en algunas zonas de países industrializados, si los adelantos técnicos en este campo o los cambios en el costo de la energía de otras fuentes llegan a alterar su costo relativo.

Los problemas con que se tropieza para recoger la energía solar, almacenarla y usar la energía resultante, son los mismos para numerosos usos potenciales de esta fuente de energía y se estudian uno por uno en lo que sigue.

#### B) Problemas generales de utilización.

1.- Colectores solares. El colector solar es el artificio que se instala al sol para absorber la radiación y transferirla al flujo de transferencia de calor que ha de llevarlo al sitio deseado o utilizarlo in situ. En general, los colectores se agrupan en dos clases: a) el colector de plancha plana, en el cual la energía se absorbe en una superficie adecuadamente ennegrecida, sin concentración óptica, y b) el colector de tipo focal, en el cual se usan espejos, reflectores o lentes para concentrar la radiación de una zona relativamente grande en un receptor pequeño. Los colectores de plancha plana son menos costosos que los focales; no requieren orientación, recogen la radiación dirigida y la difusa y se usan en aplicaciones en que se necesitan temperaturas relativamente bajas, hasta de 150 grados C. Los colectores focales son de construcción más cara porque en su mayor parte han de disponerse de modo que sigan el curso (movimiento aparente) del Sol.

Solo recogen la radiación directa, pero con ellos pueden obtenerse temperaturas más altas que con los de plancha plana.

El funcionamiento de cualquier tipo de colector está determinado por: a) la radiación incidente y los factores que la afectan,

como los ciclos del tiempo y la orientación del colector, y b) las pérdidas de calor del colector a causa de la reflexión, la transmisión, la conducción, la convección y la rerrradiación. A continuación se analiza cada uno de los tipos de colectores.

i) Colectores de plancha plana.- Un colector solar de plancha plana consiste en una superficie lisa tratada de modo que tenga gran poder de absorción de radiación solar y dispuesta con canales para el paso de un fluido de transferencia de calor que conduce la energía absorbida del colector. La superficie absorbente negra lleva una o varias cubiertas transparentes, interpuestas entre ella y la fuente de radiación, que sirven para reducir las pérdidas de convección de la superficie a la atmósfera y también las pérdidas de rerrradiación, si las cubiertas son opacas a la rerrradiación de longitudes de onda largas (como en el caso del vidrio), desde la superficie. Los colectores se aíslan por el dorso y los márgenes para reducir las pérdidas de conducción.

Los colectores de plancha plana se montan, aunque no siempre, en posición estacionaria (por ejemplo, como parte integrante de una estructura de muros o de tejado en un sistema de calefacción doméstica por energía solar), y su orientación se determina por análisis del tiempo solar, en la localidad en cuestión, para la época del año en que deba funcionar el aparato solar. Por lo general, se trata de calentadores de aire o de agua o de generadores de vapor a baja presión.

La figura 9 muestra secciones de cuatro tipos de colectores de plancha plana que han sido objeto de exámen experimental. La figura 9A es un calentador de agua que consiste en una chapa de cobre ennegrecida, a la cual están soldados canales en forma de tubos de cobre, con aislamiento dorsal, y una o más cubiertas de vidrio para reducir las pérdidas desde la parte frontal del colector por convección y rerrradiación. Este tipo básico de colector ha sido usado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts para invernaderos y su uso se ha propuesto para un gene-

rador de vapor a baja presión en el diseño de una planta de energía solar. La figura 9B es un esquema de un calentador de aire consistente en una plancha ennegrecida, por detrás de la cual se han colocado conductos de aire y aislamiento: este modelo se usa en una casa con calefacción solar. La figura 9C es un bosquejo del calentador de aire Donovan-Bliss, que emplea planchas de absorción ennegrecida y porosas por las que se aspira aire. La figura 9D muestra el calentador de aire de planchas de vidrio superpuestas, en que el aire pasa entre las planchas y se calienta al ponerse en contacto con partes de la plancha progresivamente más calientes. Este colector sirve para estudios de calefacción doméstica y acondicionamiento de aire.

El funcionamiento de un colector solar de plancha plana se describe por un balance energético que puede escribirse como sigue:

$$HR\tau\alpha = q_o = q_u + q_e$$

en donde H = Velocidad de incidencia de energía solar sobre un plano horizontal.

R = Razón entre la radiación solar total (directa + difusa) sobre la superficie inclinada y la incidente sobre una superficie horizontal.

$\tau$  = Transmitancia del sistema de planchas de vidrio para la radiación solar.

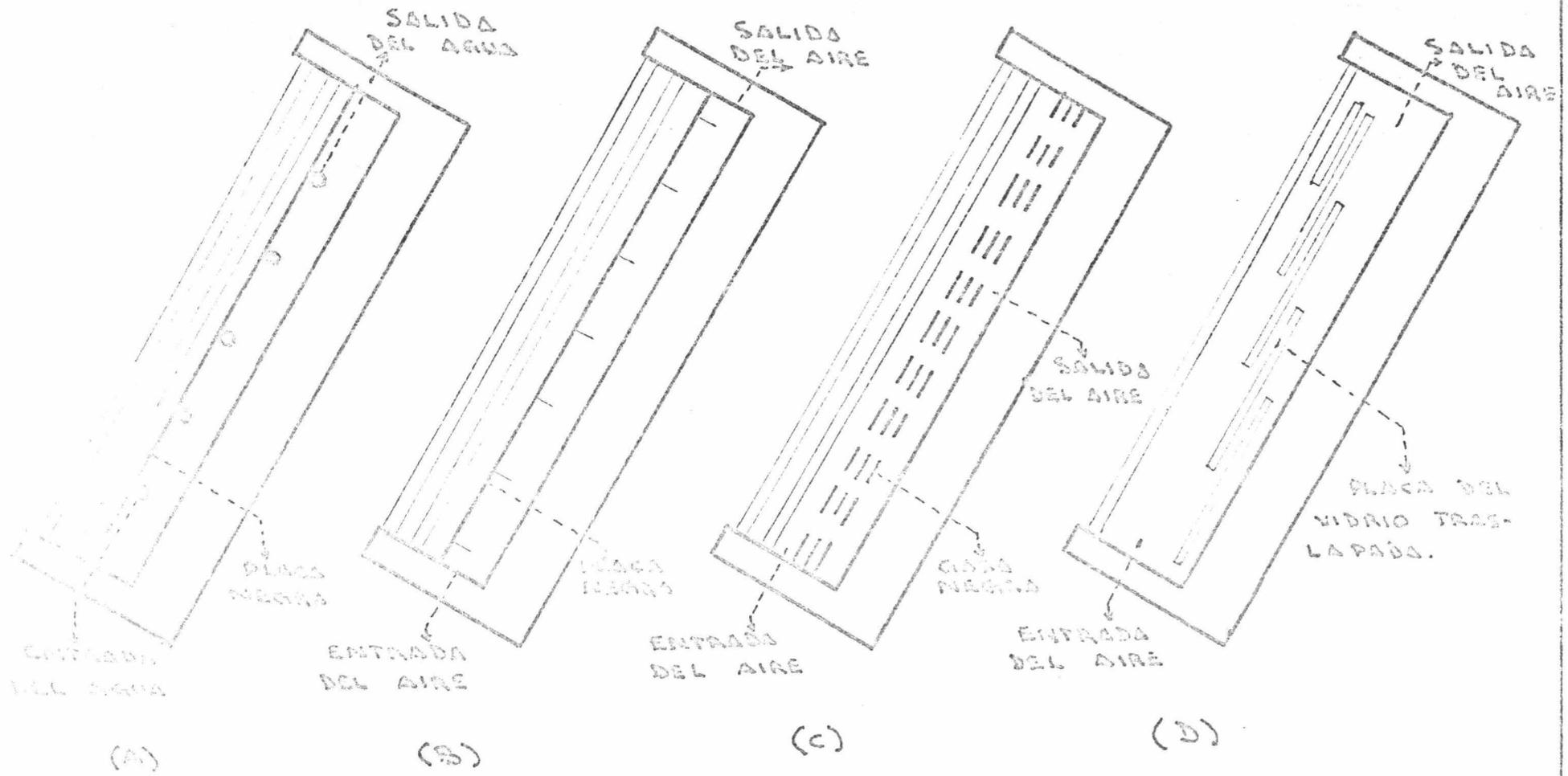
$\alpha$  = Capacidad de absorción del receptor ennegrecido para la radiación solar.

$q_o$  = Velocidad de absorción de energía por el receptor, por unidad de superficie del colector.

$q_u$  = Velocidad de transmisión de la energía absorbida al fluido de transferencia de calor, por unidad de superficie del colector; esto es: energía recogida útil.

$q_e$  = Velocidad de pérdida de calor por el colector, por unidad de superficie, incluidas las pérdidas ascendentes por las planchas de vidrio a la atmósfera y las descendentes por el aislamiento dorsal.

La evaluación de la energía absorbida,  $q_o$ , se hace con las medidas de



COLECTORES SOLARES DE PLANCHA PLANA

la radiación horizontal, H, procedentes del observatorio meteorológico y por el producto de la transmitancia y la capacidad de absorción.  $\tau\alpha$ . Estas dos magnitudes,  $\tau$  y  $\alpha$ , son funciones del ángulo de incidencia de la radiación sobre el colector y la evaluación del producto debe tener en cuenta este factor, así como la suciedad, las reflexiones múltiples entre los paneles de vidrio, la sombra en la superficie del receptor por los bordes del colector y las cantidades relativas de radiación dirigida y difusa.

La evaluación de las pérdidas de calor del colector,  $q_L$ , se hace en dos partes, teniendo en cuenta por separado las pérdidas hacia la atmósfera y las que bajan a través del dorso del colector. Las pérdidas ascendentes son la rerrradiación desde el receptor ennegrecido al panel de vidrio más interior, de panel a panel y del panel más alto a la atmósfera -el vidrio es virtualmente opaco a la radiación de larga longitud de onda desde el receptor a 150 grados C. o por debajo de esta temperatura más las pérdidas de calor por convección a través de los espacios de aire que se hallan en el colector y luego del panel superior a la atmósfera. Las pérdidas descendentes son por conducción en el aislamiento situado a la espalda del receptor y se calculan fácilmente.

ii) Colectores focales.- Los colectores focales o concentradores consisten en superficies de reflexión curvas o planas múltiples, o lentes, para concentrar la radiación directa sobre un receptor ennegrecido de área relativamente pequeña. Así, se obtiene un alto flujo de energía en el receptor y se pueden conseguir temperaturas más altas, mediante el diseño adecuado, de las que se podrían obtener con los colectores de plancha plana.

En la figura 10 se representan secciones de varios sistemas focales. De éstos, el más común es el reflector parabólico, que puede ser de dos tipos. La parábola de revolución enfoca la radiación en un "punto" y se dispone de modo que gire alrededor de dos ejes con el fin de orien-

# RECEPTORES PARA HORNOS SOLARES

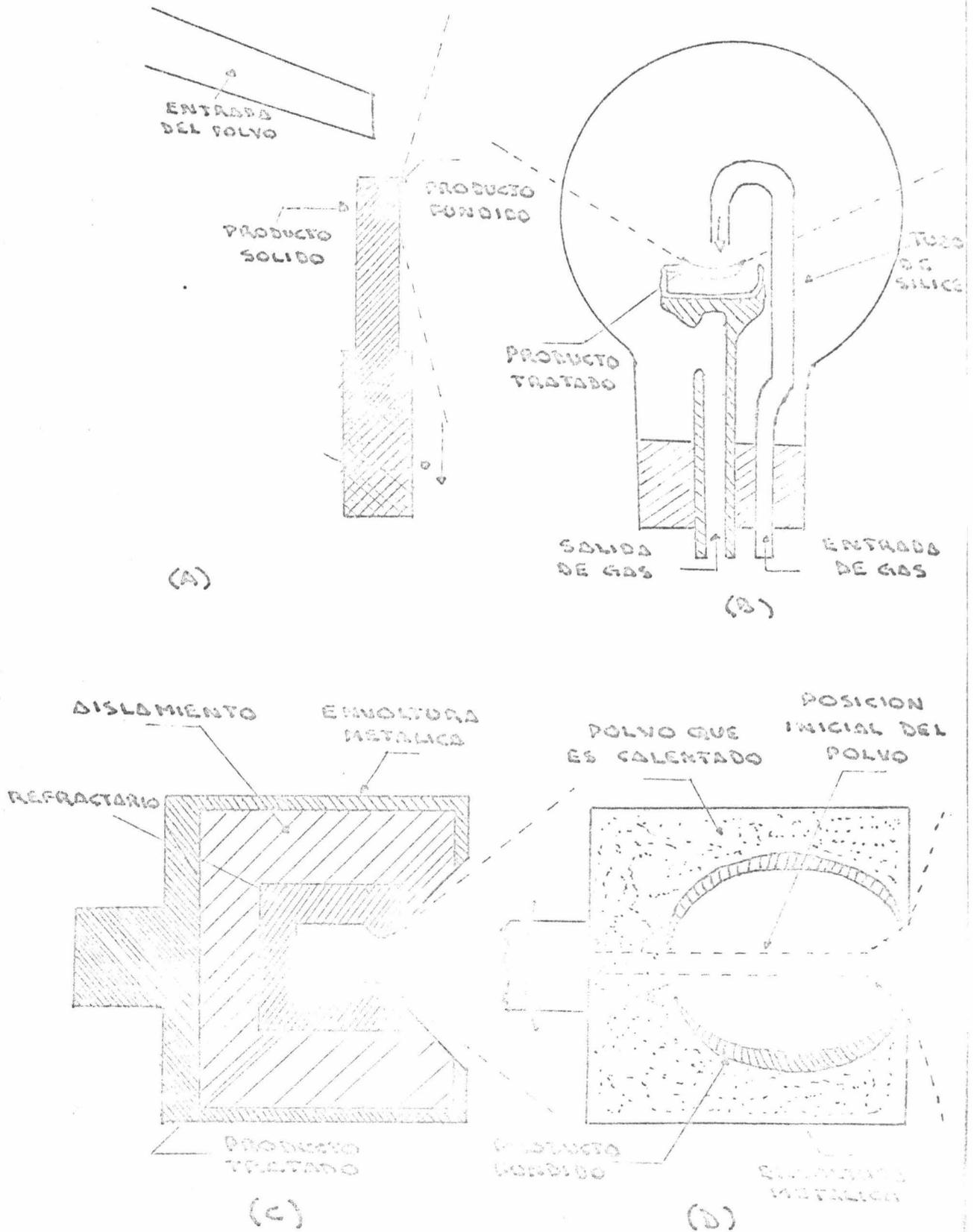


FIGURA 10

tarla para que siga el movimiento aparente del Sol. La parábola cilíndrica enfoca la radiación sobre una "línea" y, aunque se consigue menos concentración, las unidades se disponen para que giren sólo en torno de un eje y aún así siguen el curso del Sol razonablemente. Para algunos fines, cuando las temperaturas requeridas no son demasiado altas, el reflector cilíndrico-circular puede ser tan bueno como el parabólico, y con él la concentración máxima disponible aumenta al aumentar la razón entre el radio de curvatura y la abertura. Los colectores focales utilizan sólo el componente directo de la radiación solar, a diferencia de los colectores de plancha plana que utilizan la radiación directa y la difusa. El componente directo de la radiación solar puede llegar a 90% del total en días muy claros; pero en días nublados la radiación es a veces completamente difusa y la directa es cero. Estos colectores requieren sistemas de orientación, que son de varios tipos. Pueden seguir el curso del Sol por medio de fotocélulas y de equipo de posición automático o disponerse de modo que se muevan en un trayecto predeterminado (como una parábola cilíndrica montada sobre un eje polar que gira a 15 grados/hora), o estar proyectados para orientarlos a intervalos apropiados por ajuste manual.

El análisis del funcionamiento de los colectores focales se hace también a base de un balance energético, en el cual la radiación incidente útil es el componente directo de la radiación total. El balance energético para el receptor de un colector focal es fundamentalmente el mismo que para uno de plancha plana, pero son precisas ciertas modificaciones teniendo en cuenta las diferencias geométricas entre los dos tipos de sistemas:

$$r\alpha(np) (H_n R') = q_0 = q_u + q_l$$

- en donde  $r$  = Reflexividad especular de la superficie del reflector.
- $p$  = Poder de concentración del colector, el cociente entre el área proyectada del reflector y el área de la superficie del receptor.

$H_n$  = Valor de incidencia de la radiación normal (directa y normal a la dirección de propagación, según informes de estaciones meteorológicas).

$R'$  = Coseno  $\theta$ , en que  $\theta$  es el ángulo de incidencia de la radiación directa sobre el plano de la abertura del colector. Para un colector que gira alrededor de dos ejes y sigue el curso del Sol,  $R'$  es igual a la unidad; para un colector del tipo cilíndrico con rotación alrededor de un eje,  $\theta$  varía durante el día.

Los otros términos tienen el mismo significado que en el balance energético para el colector de plancha plana.

Las pérdidas de calor del receptor de la mayoría de los colectores focales son principalmente por convección al aire circundante y radiación al ambiente, con alguna pérdida por conducción en la estructura de soporte del receptor. Frecuentemente los receptores están encerrados en una cubierta de vidrio, como un tubo de vidrio alrededor de un tubo receptor cilíndrico, que cumple la misma función de reducir pérdidas por convección y radiación que las cubiertas de vidrio de los colectores de plancha plana.

Entre los usos de los colectores focales figuran: hornos, generadores de vapor, cocinas, generadores de refrigeración por absorción y otros.

Un problema esencial en la construcción y uso de reflectores focales es el obtener y mantener una superficie de gran poder de reflexión especular. Los materiales usados para este fin son aluminio, aluminio anodizado, cobre y varios. Hoy se hacen películas de plástico metalizadas que son baratas, tienen buen poder reflector especular y van despertando interés en la construcción de reflectores focales. Tienen la ventaja de formar una película plástica transparente sobre la superficie reflectora, que permite limpiarla fácilmente, además de proteger a la superficie de reflexión y todo ello a un nivel de costo suficientemente bajo para admitir la posibilidad de reemplazar la superficie de reflexión a intervalos más frecuentes de lo que de otro modo sería factible. La duración e inalterabilidad frente a los agentes atmosféri-

cos de algunos de estos materiales son todavía inciertas.

Entre los materiales plásticos sugeridos para su uso en estas aplicaciones se cuenta: acetato-butirato de celulosa, que tiene buenas propiedades de resistencia a los agentes atmosféricos; el poliestireno y el polietileno, que pueden moldearse en el vacío o por técnicas de moldeo en paños y que se metalizan o laminan en películas de poliéster metalizadas, como el mylar aluminizado. También se han usado poliésteres reforzados con fibra de vidrio para construcción de los cuerpos reflectores, a los que se aplican películas aluminizadas de gran potencia especular.

La emisión de rerrradiación de larga longitud de onda de los receptores ennegrecidos con los acabados normales es aproximadamente la misma que el poder de absorción de la radiación solar de corta longitud de onda;— ésto es: del orden de 0.90 a 0.95.

Para cualquiera de los usos de la energía solar en que se desea rendimiento de la instalación durante períodos sin sol, es necesario agregar "inercia" al sistema para proveer al suministro de energía, y los colectores han de ser suficientemente grandes para que el sistema funcione y suministre energía por acumulación en la unidad de almacenamiento. La inercia se agrega en forma de almacenamiento de energía calorífica, en particular cuando ha de ser por períodos largos, por ejemplo, de varios días, pero también puede almacenarse en forma de energía potencial, — energía química en batería de acumuladores o, para almacenamiento a muy corto plazo, en ciertas aplicaciones, como energía cinética en volantes— u otros aparatos mecánicos.

La capacidad de un sistema de almacenamiento de energía calorífica está determinada por los siguientes factores: a) análisis del tiempo solar — que determinará el tiempo en que debe almacenarse la energía y aquel en que debe disiparse, combinado con b) análisis económico que debe incluir el estudio de los costos y la cantidad de energía necesaria, que servi-

rá para determinar la extensión del uso de las fuentes de energía solar - y auxiliar; y c) la temperatura mínima a que puede ser utilizada la energía calorífica almacenada para la aplicación en cuestión.

El almacenamiento de energía calorífica ha sido propuesto y usado experimentalmente en varias formas. Para calefacción doméstica, en que el almacenamiento es un factor crítico, por ejemplo, la energía se puede almacenar en tanques de agua caliente con buen aislamiento (en conjunción con calentadores de agua de plancha plana), en lechos de guijarros o de grava y productos químicos, gracias al uso de una transición de fases que ocurre a un intervalo de temperatura conveniente (en conjunción con calentadores de aire de plancha plana). En sistemas de almacenamiento del tipo de calor específico, el agua o los guijarros elevan su temperatura durante los períodos en que se dispone de radiación y la energía se extrae del lugar de almacenamiento por bombeo del agua caliente a través de radiadores o inyectado sobre los guijarros aire que pasa luego a los espacios que han de calentarse. La capacidad de estas unidades de almacenamiento es el producto del peso del material que efectúa el almacenamiento, su calor específico y la diferencia de temperatura disponible, menos las pérdidas de calor por la unidad durante el tiempo de almacenamiento.

En los sistemas químicos de almacenamiento de calor, la capacidad se aumenta en una cantidad teórica equivalente al calor de la transición de fase para el material considerado en particular. Los materiales usados experimentalmente son la sal de Glauber  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  que se funde alrededor de 35 grados C. con un calor de fusión de 57.8 Kilocal./Kg, el dodecahidrato del fosfato disódico,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , que se funde a 36 grados C. y tiene un calor de fusión de 52.2 Kilocal./Kg. Algunos de los problemas que crea el almacenamiento de calor químico se refieren a la separación de fases en sistemas en que los materiales no se agitan, sobreenfriamiento, velocidad limitada del crecimiento de los cristales y transferencia de calor al material y desde éste. En la mayor parte de los experimentos

efectuados hasta la fecha las sales se guardaban cerradas herméticamente en pequeños recipientes que se sumergían o apilaban en depósitos de modo que el fluido de transferencia de calor pudiera circular en torno de ellos.

En algunas aplicaciones de la energía solar, como el bombeo de agua de riego y la destilación, no se requiere almacenamiento porque las unidades funcionan cuando se dispone de radiación suficiente y están proyectadas para producir el rendimiento deseado intermitentemente de acuerdo con las predicciones de la radiación disponible. Un tiempo corto de almacenamiento, por ejemplo, durante la noche, está indicado, para uso continuo de la energía solar, en regiones en donde se dispone durante el día de una radiación segura, para usos como calefacción doméstica, generación de energía, etc. El almacenamiento durante varios días se ha usado en experimentos de calefacción doméstica, pero los diseños recientes indican menores proporciones de almacenamiento en las aplicaciones de calefacción.

Las instalaciones que usan la energía recogida (almacenada), pueden ser o no de carácter ordinario. Por ejemplo: el sistema de distribución de calor solar en una casa es esencialmente idéntico al que se usa con cualquiera otra fuente de energía. Las turbinas de vapor para generación de energía, usadas como anexo a los colectores de plancha plana y que funcionan a presiones relativamente bajas, han de trabajar a presiones mucho más bajas que las plantas de energía ordinarias, y así su diseño será diferente. Las plantas de energía solar que funcionan con colectores de concentración, pueden trabajar en los mismos intervalos de presión que algunas turbinas de vapor corrientes. La elección del sistema de utilización de la energía solar depende del uso a que se destina, del posible uso de fuentes de energía auxiliares y de factores económicos.

C) Aplicaciones de la Energía Solar.

En lo que sigue se discuten más detalladamente los principios expuestos en relación con las diferentes aplicaciones de la energía solar para calefacción, enfriamiento y refrigeración de recintos, evaporación y destilación, generación de energía, hornos solares y usos diversos.

1.- Calefacción solar como medio de bienestar. Los estudios de calefacción doméstica indican que el colector de plancha plana, orientado en la posición óptima e incluido en la estructura del edificio como parte integrante de ella, es el tipo más económico de colector para esta aplicación. El almacenamiento de calor se ha logrado por transiciones de fase en productos químicos, por calentamiento de lechos de guijarros, con colectores calentadores de aire o mediante tanques de agua con colectores-calentadores de agua.

El tamaño del colector y el número de unidades de almacenamiento se determinan por la carga de calefacción del edificio, el análisis del tiempo solar y los costos de combustible. Un simple análisis indica el almacenamiento de calor suficiente que se requiere para satisfacer las demandas caloríficas del edificio durante el período nublado más largo previsto, basado en el registro de datos meteorológicos pasados, si la carga de calefacción ha de provenir totalmente de la energía solar.

2.- Enfriamiento y refrigeración. El uso de la energía solar para enfriamiento de recintos o acondicionamiento de aire tiene atractivo porque hay una buena relación entre el suministro de energía y la demanda de enfriamiento y por la posibilidad de usar una parte de todo el sistema de calentamiento solar para el acondicionamiento del aire. Se han propuesto varios sistemas básicos para el acondicionamiento de aire por energía solar, entre ellos los sistemas de deshumectación y de enfriamiento por absorción calentados por el Sol.

Un esquema de un deshumectador activado por el Sol, en el cual como desecante se usa trietilenoglicol, es el de la figura 11. El aire que ha de circular en el espacio acondicionado se deshumedece en una cámara de ro-

# REFRIGERACION SOLAR POR DESHUMECTACION CON ABSORBENTE

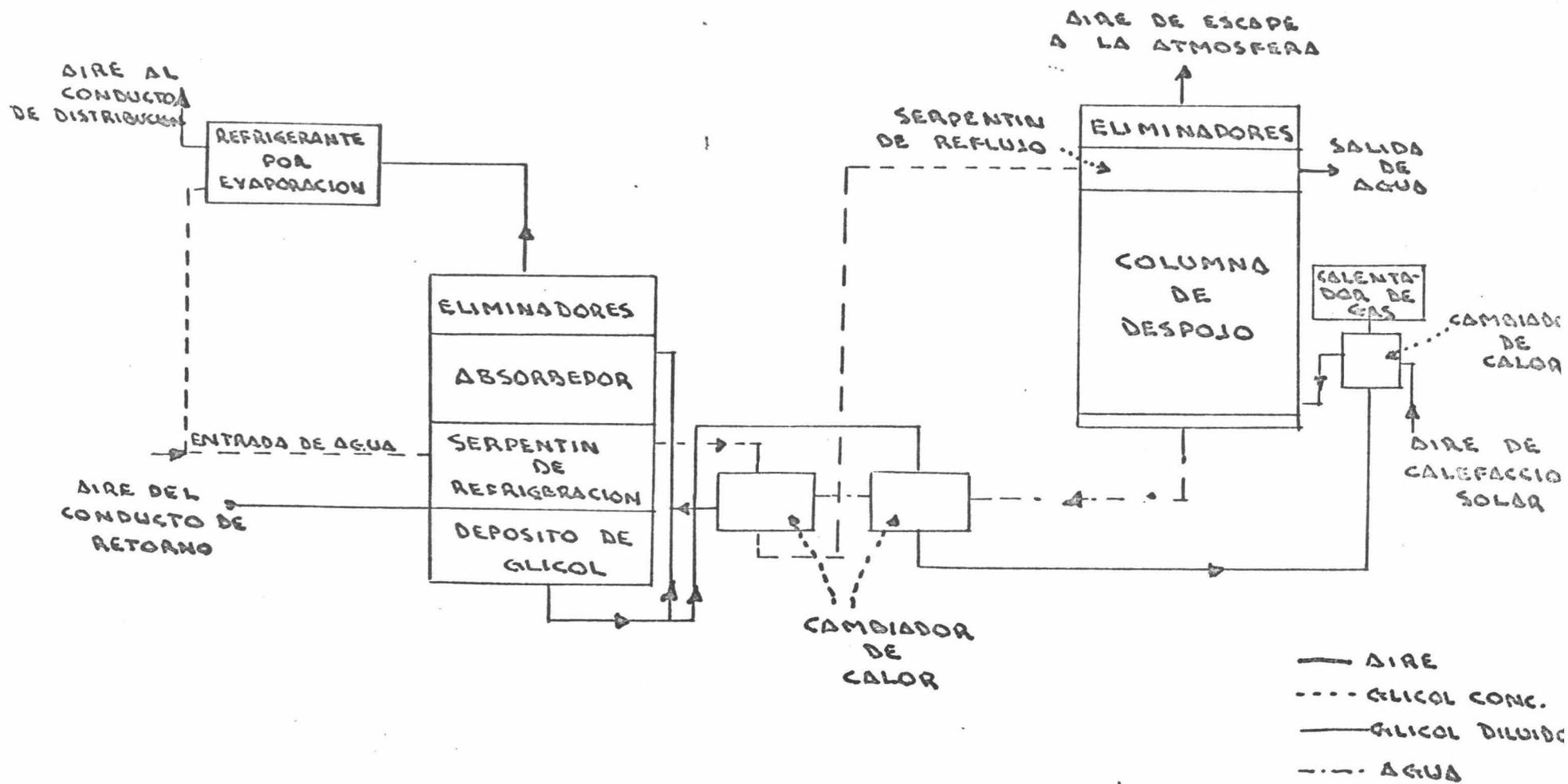


FIGURA II

# SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN SOLAR

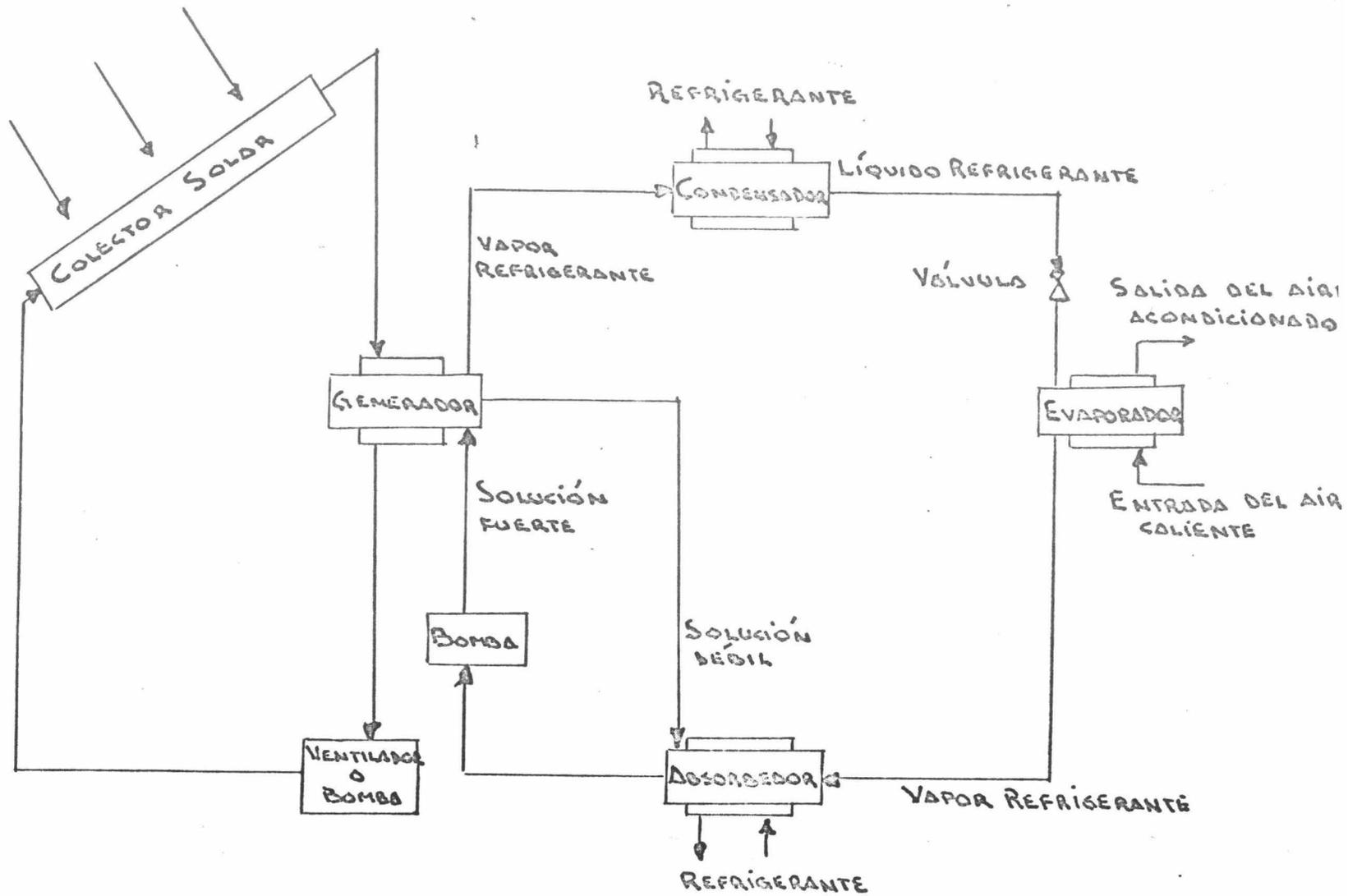


FIGURA 12

ciado donde se pone en contacto con trietilenoglicol concentrado y frío. La solución de glicol absorbe humedad del aire y vuelve a circular por - cambiadores térmicos adecuados hasta una cámara de rociado y despojo en donde se pone en contacto con el aire calentado por el sol y se seca para volver a circular hacia el absorbedor. Así se elimina la humedad en el absorbedor de la corriente de aire que circula hacia la casa y se devuelve a la atmósfera en el aire calentado por el sol que atraviesa la - cámara de despojo. Puede usarse un refrigerante de evaporación para enfriar el aire seco. Este tipo de unidad sería útil en regiones con humedad relativa alta.

Se ha propuesto el uso de sistemas de refrigeración mecánicos en que el trabajo de comprensión se hace por un motor que funciona por la energía del Sol, y en el cual el acondicionador de aire o el refrigerante sería de diseño convencional. Estos sistemas tienen el inconveniente de que - se necesita conversión de energía calorífica en mecánica. Otro método - es el uso de calor solar en los sistemas de refrigeración por absorción solar. La figura 12 es un diagrama de un ciclo posible para refrigera- ción por absorción en un sistema de tipo solar. La energía del Sol se - usa para calentar un fluido que circula por el generador o rehervidor de la unidad de refrigeración por absorción. También sería posible usar el colector solar como rehervidor o generador y evitar de este modo el uso de un fluido intermedio para la transferencia de calor y de un cambiador térmico.

Se ha considerado el uso de radiadores de plancha plana para devolver calor al cielo durante la noche y enfriar un fluido de transferencia de calor y depósito de almacenamiento para obtener refrigeración durante el - día. En las noches claras se pueden obtener flujos de calor de unas 149 Kilocal./(m<sup>2</sup>) (h) para una temperatura en el cielo, equivalente de cuerpo negro, de -23 grados C. con un radiador de cuerpo negro a 15.6 grados C. También existe la posibilidad de usar sistemas de refrigeración por ab-

sorción, que funcionan con el Sol, para pequeños refrigeradores caseros - de alimentos en regiones donde no se dispone de estos refrigeradores. Con un ciclo intermitente en que el refrigerante se destila del absorbente en un tiempo relativamente corto y en cantidad suficiente para realizar operaciones de enfriamiento por largo tiempo (por ejemplo, 1 hora de destilación, 23 horas de refrigeración), la construcción del equipo puede ser — mucho más sencilla y barata, aunque sin la ventaja del funcionamiento automático. Estas unidades contienen combinadas en un cuerpo las operaciones de generador y del absorbedor y otro cuerpo las del condensador y el evaporador. Durante el ciclo de enfriamiento el líquido refrigerante se evapora del evaporador, que está suspendido en la caja refrigerada, y se absorbe en el absorbedor enfriado con aire. Para la regeneración, se saca la unidad de la caja y se aplica calor al generador mientras el condensador se enfría con agua.

3.- Evaporación y destilación. La evaporación solar de las salmueras para obtener sal es una de las industrias químicas más remotas y todavía es una empresa de gran magnitud. La práctica en la evaporación solar consiste en dejar que la salmuera se evapore en grandes estanques por la acción de la radiación solar. A medida que la solución se concentra, se hace pasar por varios estanques y así se puede obtener cristalización fraccionada de varias sales de las salmueras. Un cálculo de la máxima evaporación que es posible esperar de la radiación solar se basa en la radiación disponible. Para una radiación de  $5\,425 \text{ Kilocal.}/(\text{m}^2)(\text{día})$  sobre un plano horizontal, se puede evaporar un máximo de agua de  $9.27 \text{ Kg. por m}^2$ , si toda la energía incidente se usa para calentar y evaporar el agua. Los rendimientos reales son menores por las pérdidas, comprendidas las de radiación reflejada, rerradiación por la superficie de agua, pérdida por convección al aire y por el fondo de cristizador si son apreciables. La absorción de energía solar por las salmueras aumenta por la adición de colorantes a la salmuera, de lo que resultan rendimientos más altos.

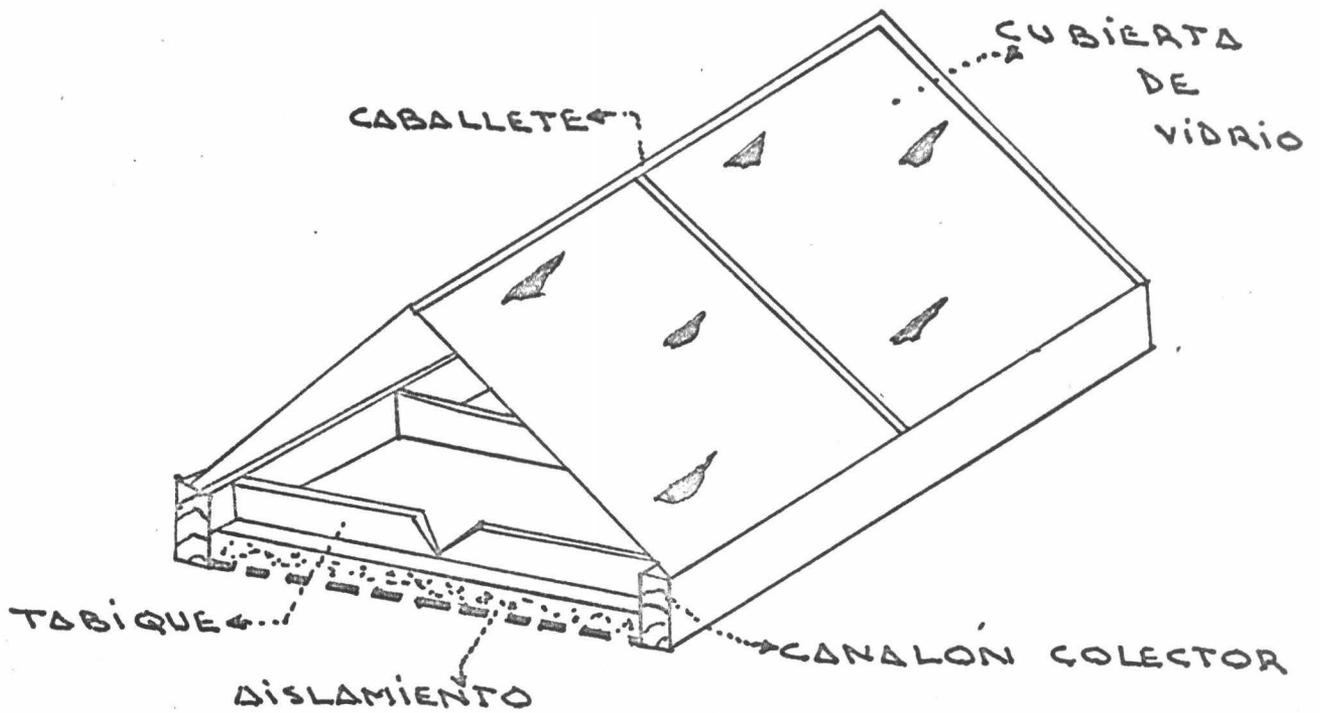
La destilación solar consiste en condensar y recoger el vapor de agua re-

sultante de la evaporación solar y parece tener cierto atractivo si puede hacerse con bastante economía, pues muchas de las regiones que necesitan más seriamente agua para suministros municipales y domésticos son precisamente las que disfrutan de radiación solar más alta.

La figura 13 presenta un esquema de destilador solar de tejado de vidrio. Los rasgos esenciales de este tipo de unidad son la tina ennegrecida que contiene la salmuera que se ha de evaporar, una o dos cubiertas de vidrio en pendiente y canales en los bordes inferiores de las cubiertas de vidrio para recoger el agua condensada. Las cubiertas de vidrio recogen la radiación solar y obran a la vez como superficies de condensación enfriadas por aire para el vapor que llega del agua que se evapora. El condensado baja por la cara interior del vidrio inclinado a las canales y toda la unidad está ligeramente en declive a lo largo del eje, lo suficiente para que el agua corra. Si toda la radiación incidente se utilizara para evaporar agua, este tipo de unidad de destilación de un solo efecto tendría una capacidad de  $9.27 \text{ Kg/m}^2$  al día para una radiación de  $5\,425 \text{ Kilocal.}/(\text{m}^2)$  (día). En la práctica existen pérdidas que limitan la eficiencia del destilador a vapores que varían de 30 a 60%, según los diferentes informes recogidos. Entre las pérdidas se cuentan las de conducción por el fondo de la tina, reflexión desde la cubierta de vidrio, convección y rerrradiación desde la superficie del agua a la superficie de vidrio y las fugas de los canales colectores y de vapor de agua por la estructura que encierra a la unidad.

En 1878 se hizo una primera instalación a gran escala de destiladores de tipo de tejado de vidrio en Las Salinas, Chile, que se usó durante más de 30 años para suministrar agua potable a los animales usados en las operaciones de minería. La instalación cubría una superficie de 51 000 pies cuadrados ( $4\,738 \text{ m}^2$ ) y producía un máximo de unas 45 000 lb (20 410 Kg) de destilado por día. Estudios más recientes han procurado el perfeccionamiento del destilador usado en Las Salinas. Otros estudios se han dedicado a los evaporadores de efecto múltiple, en que el primer efecto se

UNIDAD DE DESTILACIÓN SOLAR DEL  
TIPO DE TEJADO DE VIDRIO



abastece de vapor generado por energía solar y en que se usan vidrio, - plásticos y otros materiales en diferentes formas para la evaporación - en un solo efecto o en efectos múltiples.

Otros dos tipos de destiladores solares son los representados en las fi guras 14A y 14B. La figura 14A es una sección de un destilador solar in clinado, con cubierta de vidrio, que usa como evaporador una almohadilla negra suspendida entre cubiertas de vidrio. La almohadilla negra absor be la radiación solar y ésta evapora el agua, que se condensa luego en la cara interior de las cubiertas. En la figura 14B se muestra un destilador solar de material plástico que en su construcción y en su fun cionamiento es muy similar a la unidad de vidrio, con la diferencia del empleo de material plástico en vez de vidrio como posible medio de redu cir el costo.

Posteriormente Lűf buscó otro tipo de diseño del destilador solar de te jado de vidrio. Este, para grandes unidades, varía en dos aspectos importantes del diseño más corriente de plancha inclinada. En primer lugar, la unidad está proyectada para ser construída en el suelo, de hor migón o de otro material adecuado, sin aislamiento térmico por la base. Los cálculos indican que la pérdida de calor por la base, después de un periodo inicial de calentamiento de varios días, es del orden del 5% de las pérdidas de energía totales. Las tinas, en vez de contener una capa delgada de salmuera, están proyectadas para una capa de agua de unos 30 cm. de profundidad. Así, la inercia térmica del sistema hace que la oscilación de temperatura del día a la noche sea de unos pocos grados, - y la destilación es continúa en las 24 horas y más lenta que la veloci dad diurna en otros diseños. La pendiente de la cubierta de vidrio es de 10 grados, lo que reduce al mínimo la exigencia de condiciones en el vidrio sin que el agua deje de correr por la cara inferior de la cubier ta.

Otro método de destilación solar implica el uso de evaporadores del ti-

# DESTILADORES SOLARES INCLINADOS DE VIDRIO Y DE PLÁSTICO

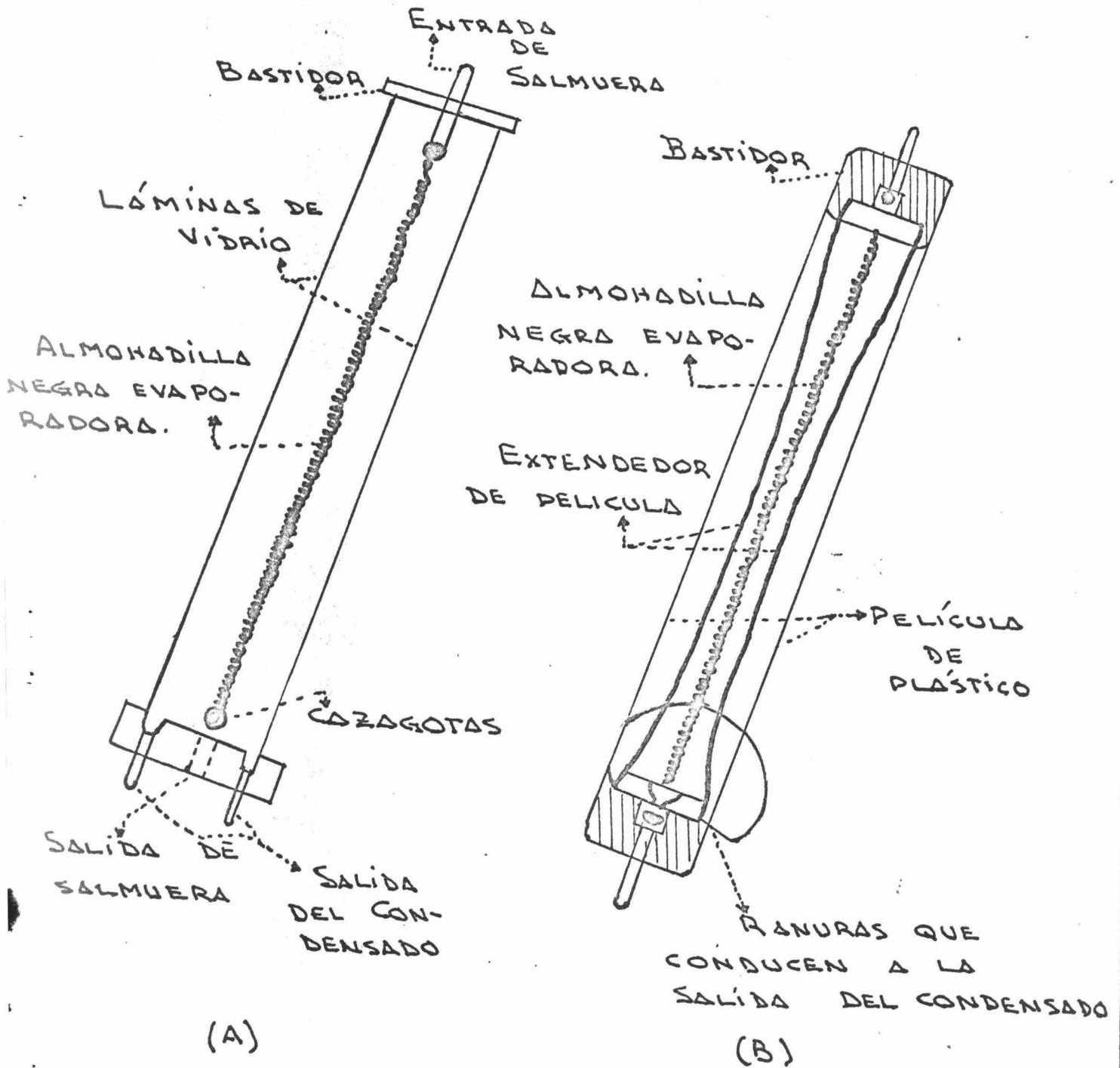


FIGURA 14

po ordinario de efecto múltiple, que usan en el primer efecto el vapor - generado por energía solar recogida en colectores parabólicos cilindri- cos (o de otro tipo focal). Un extenso estudio de este método indica que habría de tener de cinco a ocho efectos y una capacidad mayor de - - - - 150 000 litros de agua dulce por hora.

4.- Generación de energía. La generación de energía eléctrica y la pro- ducción de trabajo mecánico con la energía solar han sido objetivos de - muchos inventores e investigadores durante muchísimos años. La manera - usual de abordar el problema ha sido utilizar máquinas térmicas, a pesar de su poca eficiencia desde el punto de vista termodinámico, que utili- zan como fluido de trabajo vapor de agua, aire dióxido de azufre o amo- níaco. La discusión que sigue trata de los sistemas que usan estas má- quinas térmicas. Desde hace pocos años se usan fotocélulas para la con- versión de energía solar en eléctrica, que funcionan con eficiencia has- ta del 10%.

Entre los usos propuestos de la energía solar, los dos principales son - la generación de energía eléctrica y el bombeo de agua de riego. En la - generación de energía para uso continuo, el almacenamiento es un factor- importante y costoso, a menos que se use un sistema de generación solar- en combinación con una fuente auxiliar de energía para suministrar elec- tricidad cuando no se dispone de energía solar. Sin embargo, para el - bombeo del agua de riego los colectores y la bomba pueden ser del tamaño adecuado que suministre la capacidad necesaria durante los períodos en - que se dispone de radiación y no se necesita otro almacenamiento que el- del agua para el sistema de distribución y riego.

Se han propuesto colectores focales y de plancha plana para uso como cal- deras solares en la generación de energía. En la figura 15 se dan los - esquemas de varios sistemas con almacenamiento, en caso necesario, de - energía calorífica entre los colectores y la máquina térmica. El almace- namiento de energía puede disponerse también en el lado de la salida de-

# GENERACIÓN SOLAR DE ENERGÍA CON MÁQUINAS TÉRMICAS

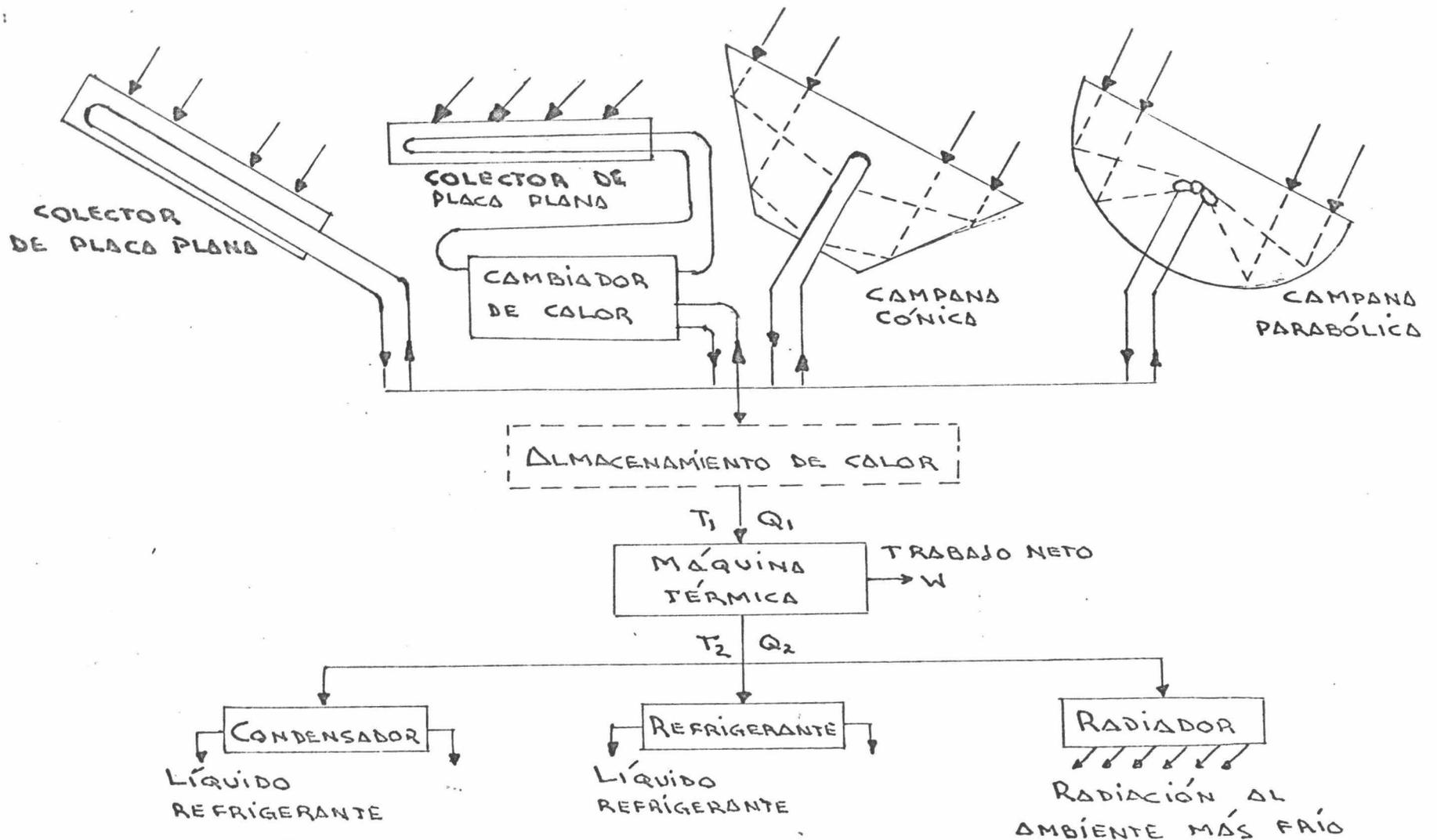


FIGURA 15

la máquina térmica como energía potencial, cinética o eléctrica (química) si se acopla un generador a la máquina. En la figura se muestra un colector de plancha plana calentando un fluido de transferencia de calor que pasa por un cambiador térmico donde se calienta el fluido de trabajo. La máxima eficiencia teórica (ciclo de Carnot) de la máquina está dada por  $(T_1 - T_2)/T_1$  y el rendimiento de trabajo de la máquina viene dado por la cantidad  $(Q_1 - Q_2)/Q_1$

Tradicionalmente, la mayoría de las plantas de energía solar usan colectores focales en forma de artesa parabólica o cono truncado.

En 1913, Schuman y Boys construyeron en Meadi, Egipto, una planta de energía solar utilizando reflectores del tipo de artesa parabólica, orientados en un eje norte-sur, con una superficie colectora total de 13 000 pies cuadrados (1 208 m<sup>2</sup>.) aproximadamente. Las calderas eran tubos horizontales situados en los ejes focales de las artesas parabólicas y cubiertos de vidrio, y generaban vapor para hacer funcionar turbinas de vapor a baja presión.

En otro diseño más reciente, de C. G. Abbot, se usa un reflector de artesa parabólica con un tubo calentador encerrado en una camisa de vidrio, con vacío. En el tubo se calienta un fluido de transferencia de calor que pasa luego por un cambiador térmico en el cual se genera vapor de agua u otro vapor. Abbot ha descrito un espejo parabólico cilíndrico de aluminio anodizado, de 11 x 10 pies, que gira sobre un eje paralelo al de la Tierra, con un tubo de caldera con camisa de vacío y con un rendimiento de 1.5 hp para una intensidad de radiación directa de 1.35 cal/(min)(cm<sup>2</sup>). Un cálculo aproximado del costo dió unos 1 000 dólares. Para regiones áridas, con un régimen del sistema de 10 horas días durante 300 días del año, el costo de la energía producida por este aparato se calculaba en 1.1 cents./hp-h., más el costo de la máquina de vapor. En 1953, la Somor Company, de Italia, inició la producción de una bomba solar que utiliza dióxido de azufre como fluido de trabajo y colectores de plancha plana con

vidrio de cubierta sencillos. Los colectores, la bomba y el condensador están montados juntos en una vía circular de modo que la unidad puede girar y mantenerse en una posición más favorable con respecto al Sol que un colector de plancha plana estacionario. En el sistema no se provee a otro almacenamiento que la inercia mecánica de la bomba y del volante y la capacidad calorífica de la caldera.

El uso de colectores de plancha plana para generación de vapor a temperaturas hasta de 300 grados F. (149 grados C.) ha sido considerado por Hottel. Con el uso de múltiples capas de vidrio tratadas superficialmente, con poca absorción para la radiación solar y pocas pérdidas de reflexión en las superficies de vidrio, se pueden construir colectores de plancha plana que funcionan a temperaturas hasta de 300 grados F. (149 - grados C.) con un colector del tipo fundamental indicado en la figura 9A. Con el número óptimo de planchas de la cubierta de vidrio, tratadas en la superficie y con los datos del tiempo solar representativo de regiones en las cuales la energía es escasa, pero en que se dispone de radiación solar suficiente.

Puede producirse también energía eléctrica con la energía solar por medios termoeléctricos. Las termopilas en que las soldaduras calientes se calientan por energía solar y las frías se enfrían con aire, agua o por otros medios, actúan como máquinas térmicas al convertir la energía radiante en energía eléctrica. La eficacia de estos convertidores, con los materiales ordinarios de los pares termoeléctricos, como cobre-constantán, sin concentración de la energía solar, ha sido estudiada por Telkes, quien halló que era inferior a 0.1% cuando se usaban dos cubiertas de vidrio ordinario. Los pares termoeléctricos se dispusieron con las soldaduras calientes por debajo de las cubiertas de vidrio mientras las frías sobresalían en el aire por detrás del colector. El uso de aleaciones especiales para pares termoeléctricos, como las de bismuto, antimonio y cinc-antimonio con pequeñas cantidades de estaño, plata y bismuto, se traduce en aumento de la eficiencia total hasta aproximadamente 0.6% de conver-

sión, y el uso de vidrio de "baja reflexión" en los colectores podría aumentar más la temperatura de las uniones calientes. La concentración de la energía solar por lentes o reflectores también aumenta la diferencia de temperatura en la termopila y, por consiguiente, el rendimiento de los generadores termoeléctricos.

5.- Hornos solares. Los hornos solares son reflectores parabólicos o lentes construidos con precisión para enfocar la radiación solar en superficies pequeñas y de este modo poder calentar "blancos" a niveles altos de temperatura. El límite de temperatura que puede obtenerse con un horno solar está determinado por el segundo principio de la termodinámica como la temperatura de la superficie del Sol, esto es, 6 000 grados C., y la consideración de las propiedades ópticas de un sistema de horno limita la temperatura máxima disponible. Se han usado hornos solares para estudios experimentales a temperaturas hasta de 3 500 grados C., y se ha publicado haber conseguido temperaturas superiores a 4 000 grados C. Las muestras pueden calentarse en atmósferas controladas y en ausencia de campos eléctricos o de otro tipo, si así se desea.

Los hornos solares modernos son parábolas de revolución colocadas en disposición cursaria para que la parábola continuamente esté de cara al Sol durante el uso, provistas de espejos planos que siguen el curso del Sol para reflejar la radiación solar en una parábola estacionaria.

El reflector parabólico tiene la propiedad de concentrar en un punto focal los rayos que entran en el reflector paralelamente a su eje. Como el Sol comprende un ángulo de 32 minutos, aproximadamente, los haces de rayos no son paralelos y la imagen en el foco del receptor tiene una magnitud finita. Como regla empírica, el diámetro de la imagen es aproximadamente la razón de longitud focal/111. La longitud focal determina el tamaño de la imagen (suponiendo que el reflector es de alta calidad óptica) y la abertura del reflector la cantidad de energía que pasa por el área focal para una velocidad dada de incidencia de radiación directa. El co-

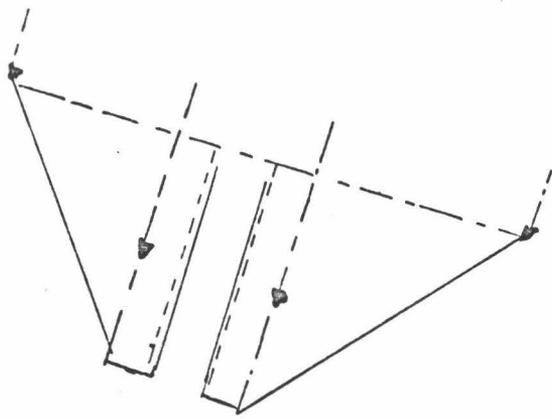
ciente entre la abertura y la longitud focal es, pues, una medida de flujo de energía disponible en el área focal y con arreglo a este flujo se puede calcular una temperatura de cuerpo negro.

La utilidad de los hornos solares aumenta con el uso de un heliostato, o espejo plano móvil, para llevar la radiación solar al reflector parabólico. Esto permite el montaje estacionario de la parábola, de ordinario - en posición vertical, con lo cual se pueden colocar aparatos para atmósfera controlada y movimiento de muestras, soportes de blancos, y otros, - sin necesidad de mover todo el equipo. El poder de reflexión del heliostato varía de 85 a 95%, según su construcción, por lo que resulta para el horno una pérdida de flujo disponible de 5 a 15% y la disminución correspondiente en las temperaturas que se alcanzan. La tabla 6 muestra algunas propiedades características de cuatro hornos solares, que son: - a) un reflector trazador de 60 pulgadas (1.524 m), usado por Conn; b) un reflector de 78.7 pulgadas (2 metros), construido en Jena, Alemania; c) - el horno Convair de 120 pulgadas (3.05 m), y d) el horno Mont-Louis, de 35 pies (10.67 m).

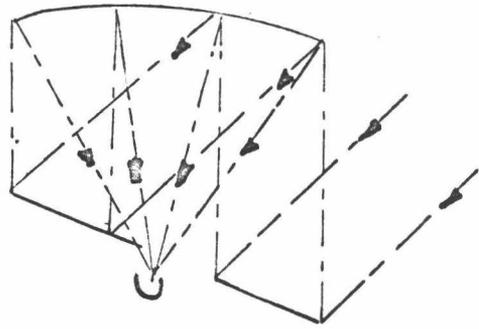
Se construyen hornos solares hasta de 3 metros de diámetro con espejos de una sola pieza de aluminio, cobre o de otros materiales y se han construido hornos más grandes de múltiples reflectores curvos.

El reflector o blanco usado en los hornos solares puede ser de varias formas, las sustancias pueden fundirse en sí mismas en cavidades de cuerpo negro, encerrarse en envoltura de vidrio o de otra materia transparente para atmósferas controladas, o introducirse en un recipiente rotatorio "centrífugo". Las sustancias pueden pasar también en forma de corrientes por el foco del horno. Trombe ha descrito muchos tipos de recipientes, algunos de los cuales se muestran en la figura 16.

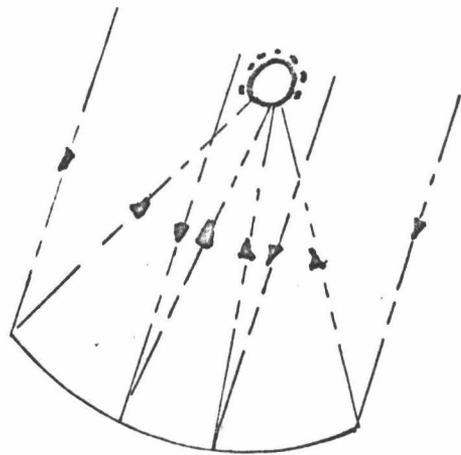
El control y la medición de la temperatura son problemas de importancia en la operación de los hornos solares. El control de la temperatura puede efectuarse por desenfoco o por reducción de la radiación incidente -



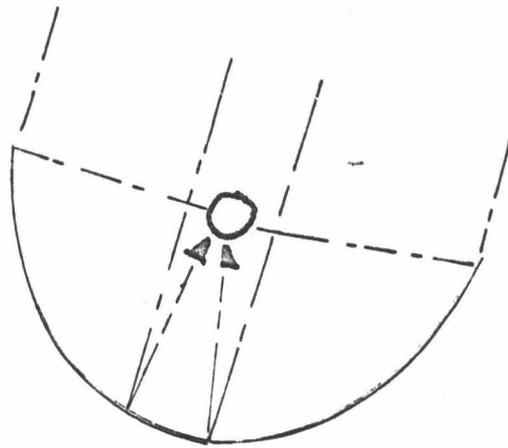
(A)



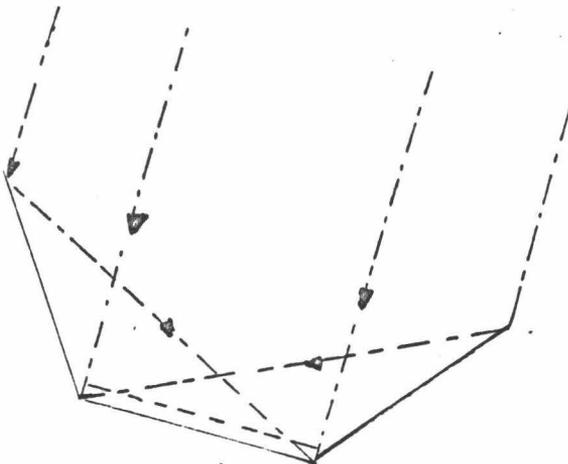
(B)



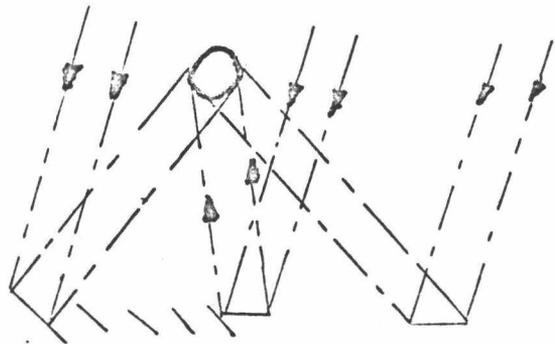
(C)



(D)



(E)



(F)

FIGURA 16

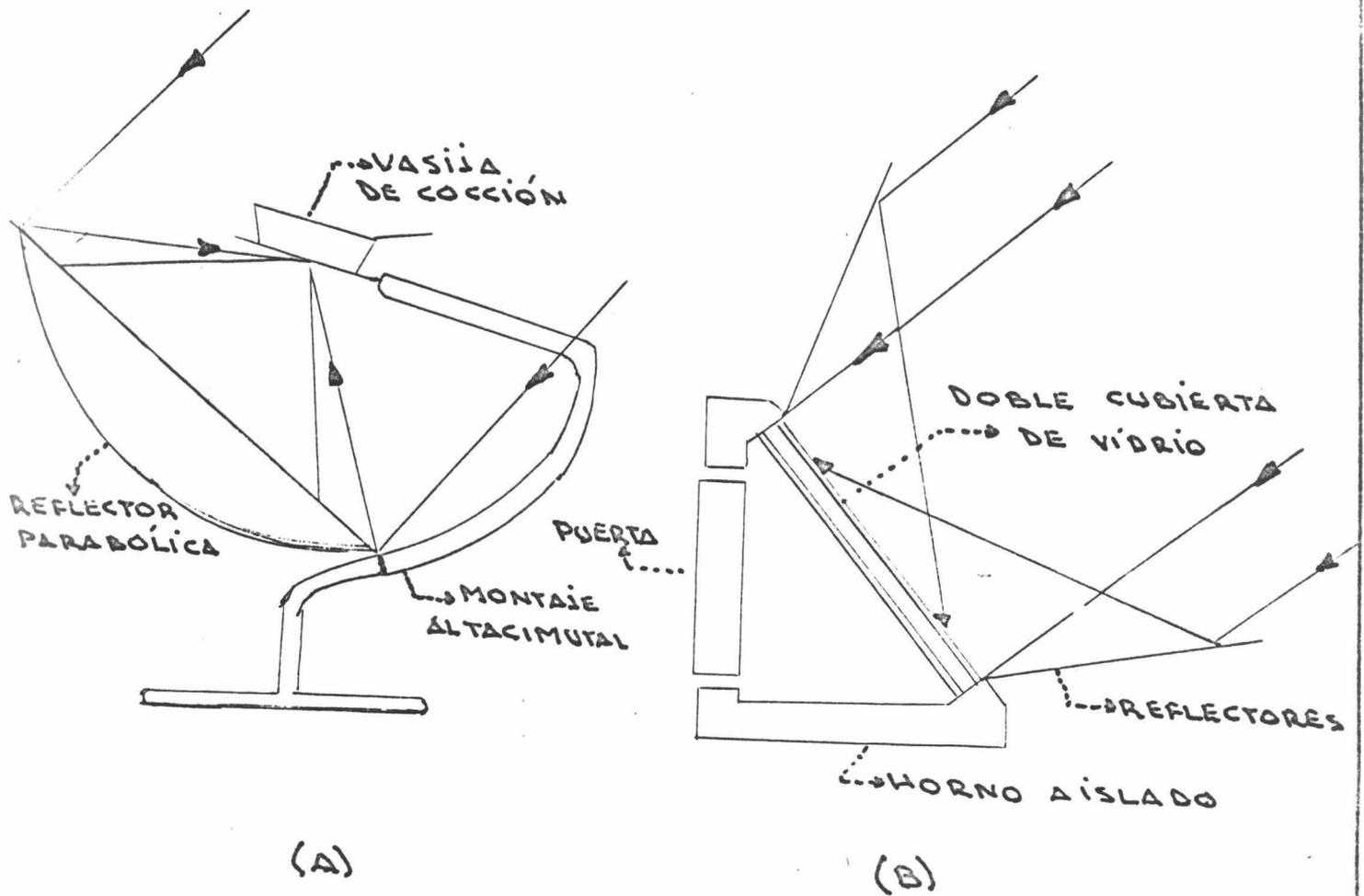
mediante la interposición de persianas entre un heliostato y el reflector parabólico. La abertura efectiva de una parábola se varía mediante un cilindro montado frente al reflector parabólico, con los ejes coincidentes y dispuestos para moverse en la dirección axial de modo que con su sombra proteja al receptor de la radiación periférica del reflector.

La medición de las temperaturas de blanco en los hornos solares se hace por fusión de productos de punto de fusión conocido y por medios pirométricos ópticos o de radiación. En una técnica, se separa la radiación reflejada de la emitida con el uso de sectores rotatorios que protegen con su sombra al blanco de la radiación del reflector, mientras se está observando con el pirómetro, lo que reduce algo la radiación incidente sobre el blanco y sin embargo permite ver la radiación emitida sola. Se han usado métodos calorimétricos, como el uso de una cavidad de "cuerpo negro" enfriada con agua, para medir el flujo de calor en el receptor.

Se usan hornos solares en gran variedad de estudios experimentales, entre ellos, la fusión de materiales refractarios, la realización de reacciones químicas e investigación de las relaciones de fases en sistemas de sustancias de alto punto de fusión como sílice-alúmina y  $P_2O_5$ -CaO. La estabilización del óxido de circonio refractario por adición de pequeñas cantidades de CaO en recipientes centrifugos.

6.- Cocinas solares. Las cocinas solares, colectores de diversos tipos con superficie que recoge calor suficiente para guisar, han sido propuestas para uso en regiones no industrializadas. Estas cocinas son de tres tipos: directas, indirectas y hornos solares o del tipo de "Caja caliente".

En el tipo directo de cocina solar se usa un reflector focal para concentrar la radiación sobre la cacerola. La figura 17A es un diagrama de una cocina de este tipo. Utiliza radiación directa y en general se construyen con una superficie de 10 pies cuadrados ( $0.93 \text{ m}^2$ ) aproximadamente, para producir un máximo de radiación reflejada en la cacerola de unos



(A) COCINA SOLAR DE TIPO DIRECTO CON REFLECTOR PARABÓLICO EN MONTAJE ALTACIMUTAL.

(B) HORNO SOLAR, CON REFLECTORES PARA RECOGER RADIACIÓN DIRIGIDA ADICIONAL

tres cuartos de Kw. Los problemas en la construcción de las cocinas solares directas son principalmente del diseño mecánico del montaje y de los materiales de construcción del reflector, que afectan a su costo inicial, su servicio, limpieza y duración. El montaje indicado en la figura 17A es del tipo altazimutal y sus modificaciones se han utilizado en la mayoría de las cocinas de tipo de reflexión. Los materiales usados para las superficies reflectoras son aluminio y plásticos metalizados; en esta aplicación, la limpieza, al igual que la resistencia a los agentes atmosféricos, es una propiedad importante en el material de reflexión, porque el uso doméstico está sujeto a condiciones de mantenimiento mucho más inciertas que en las grandes instalaciones de colectores focales sometidas a vigilancia. Las cocinas solares de tipo directo se fabrican en la India y se han usado experimentalmente en México y otros países. También se fabrican modelos plegables de cocinas solares de tipo de reflexión para campamentos y excursiones.

El tipo indirecto de cocina solar usa un reflector focal para calentar un fluido de transferencia de calor que circula por el espacio en que se guisa. Abbot ha diseñado una unidad de este tipo. Los problemas en su construcción y uso son los mismos que presentan las cocinas de tipo directo, salvo que se elimina la necesidad de guisar al sol. Los hornos solares o cocinas del tipo de "caja caliente" consisten en cajas bien aisladas, con una o más cubiertas transparentes para admitir radiación. El interior de la caja está ennegrecido para absorber la radiación y se usan cubiertas de vidrio alrededor de la caja para aumentar la superficie efectiva colectora de energía. La figura 17B es una sección esquemática de un horno solar.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS DE HORNOS SOLARES

	a	b	c	d
Material del espejo	Cobre	Vidrio	Aluminio	Vidrio
Superficie de reflexión	Rodio	Plata	Aluminio	Plata
Abertura, a	1.524 m	2.0 m	3.05 m	10.67 m
Longitud focal, f	66 cm	86.1 cm	86.4 cm	6.0 m
Cociente, a/f	2.31	2.32	3.53	1.78
Reflector auxiliar	Ninguno	Heliostato	Ninguno	Heliostato
Diámetro de la imagen, calculado	6.1 mm	7.6 mm	7.9 mm	53.3 mm
Radiación reflejada al blanco., calculada suponiendo incidencia directa de 0.8 Kw./m <sup>2</sup>	1.30	1.94	4.67	54.0

Tabla No. 6

#### D) CONVERTIDORES FOTOVOLTAICOS

El Sol es una inmensa fuente de energía almacenada que radia aproximadamente 1,390 vatios de energía por metro cuadrado de superficie externa de la envoltura atmosférica terrestre. Esta energía se reduce a unos 1,000 w/m<sup>2</sup> en la superficie de la Tierra en un día claro y en incidencia en dirección normal, que para toda la superficie de la Tierra hacen una enorme cantidad de energía. Sin embargo, la concentración no es grande y este hecho es lo que hace muy difícil la utilización práctica de la energía solar. Se calcula que para obtener un kilovatio de energía en las condiciones óptimas y suponiendo una eficiencia de conversión de 10%, se necesitarían 10 m<sup>2</sup>. de superficie.

Las primeras investigaciones en busca de la utilización de la energía solar casi siempre estuvieron relacionadas con un proceso de conversión térmica en que la energía luminosa se convertía en energía calorífica, que a su vez se convertía en energía mecánica o eléctrica, o que se usaba en algunos casos directamente como energía térmica. En todos estos procesos interviene un ciclo de calor con las limitaciones de eficiencia térmica inherentes a este tipo de ciclos.

Un proceso que utilice directamente la energía de los fotones es manifiestamente superior, pues no adolece de estas limitaciones; uno de estos procesos es el fotovoltaico, en que la energía luminosa se convierte directamente en energía eléctrica. Este proceso es conocido desde hace muchos años, pero sólo se ha abierto brecha para penetrar en este campo con el descubrimiento de que las células fotovoltaicas de silicio con unión P-N convierten la energía solar en eléctrica con eficiencia de un orden de magnitud superior al de las conseguidas con otras fotocélulas anteriores. Con el desarrollo de estas nuevas células son utilizables pequeñas fuentes de energía. Ya han encontrado aplicación en radios portátiles, cargadores de batería de carga lenta continua y otros usos en que la demanda de energía es baja. Tienen aplicación po-

tencial, para mayores fuentes de energía, en regiones remotas, donde el suministro de combustible y el mantenimiento presenta grandes problemas. En el campo de la utilización general de la energía solar, todavía hay muchos problemas que resolver. El problema de las regiones grandes es aún primordial. Los costos de materiales de células solares, incluso de los sistemas de captación y enfoque para concentrar la energía del Sol, son prohibitivos para la mayor parte de las aplicaciones de gran energía. La continua investigación en este campo indudablemente se traducirá en la apertura de nuevas brechas que harán más factible la utilización general de la energía del Sol. El factor económico es importante y quizá el decisivo para determinar donde y hasta qué grado podrá ser utilizada esta energía. Por ello es necesario dirigir los esfuerzos a la consecución de costos más bajos y de eficiencias más altas en los materiales de conversión de la energía solar.

1.- El proceso fotovoltaico.- El efecto fotovoltaico se presenta en una clase de sustancias llamadas semiconductores. La respuesta fotovoltaica se basa en la existencia de una juntura o barrera de carga espacial. En estas sustancias, las junturas o uniones aparecen en una región en donde los átomos de impurezas cambian de carácter aceptor, localizados en forma de energía cerca de la banda de valencia, al carácter donador, situados cerca de la banda de conducción. En la zona de transición, existen gradientes de concentración de electrones libres y de huecos libres. De ello resultan corrientes de difusión de electrones hacia la zona tipo P y de huecos hacia la zona tipo N, con lo que se crea una carga espacial positiva en la zona N y una negativa en la zona P. El resultado es una capa doble con carga espacial, como indica la figura 18b. El campo eléctrico asociado está dirigido de modo que arrastra electrones de nuevo hacia la zona N y huecos otra vez hacia la zona P. Cuando el campo compensa exactamente la corriente de difusión, se establece el equilibrio. La doble capa con carga espacial regula la di

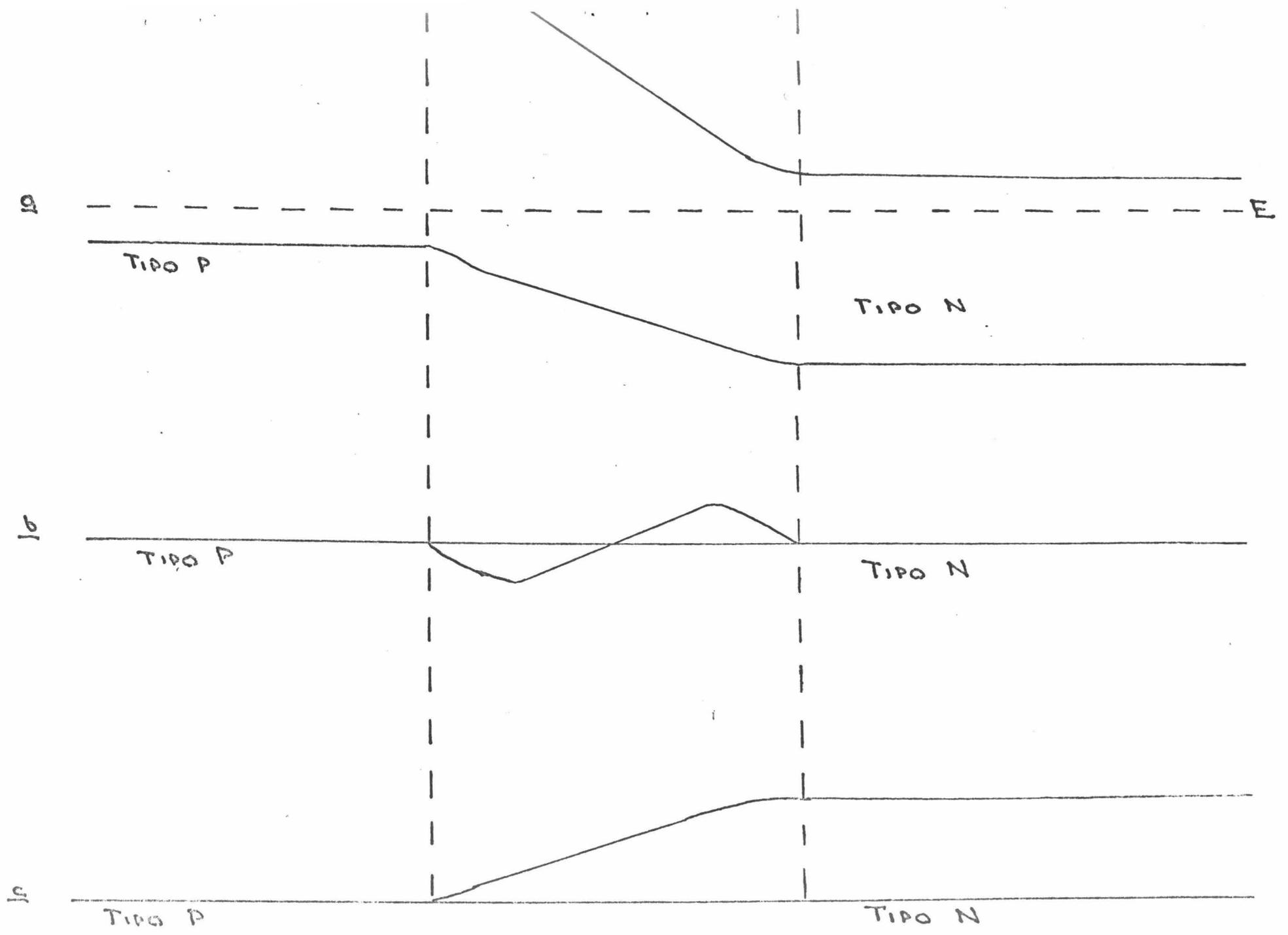


FIGURA 18

ferencia de potencial entre las zonas N y P (fig. 18c). Este reajuste de la distribución de carga, que se traduce en equilibrio, da un nivel Fermi continuo, como se ve en la figura 18a. Numerosos investigadores han elaborado circuitos equivalentes y expresiones teóricas para los distintos parámetros de las barreras P-N.

La juntura es la región sensible de la célula fotovoltaica. Si los pares hueco-electrón se crean en la zona de unión o dentro de una distancia pequeña comparada con una longitud de difusión tal que los portadores puedan difundirse hacia la barrera, quedarán separados todos ellos esencialmente por el campo de la capa barrera. Los huecos caminarán hacia la región P y los electrones hacia la N, por lo que se cargará la región P positivamente y la región N negativamente, con el resultado de polarización progresiva en la juntura. Esto origina una corriente que fluye en sentido opuesto a la causada por la separación de cargas por el campo de barrera. La diferencia entre la corriente generada por la separación de pares hueco-electrón en la barrera y la corriente que fluye en dirección opuesta, en virtud de la polarización progresiva, es la corriente que fluye en una carga exterior.

La radiación ionizante que aquí nos interesa particularmente es la procedente del Sol. Se han hecho cálculos del límite superior de eficiencia de conversión de energía solar que puede obtenerse con estas disposiciones de capa barrera. Los cálculos muestran en general que las sustancias semiconductoras con una brecha de energía entre 1.0 y 1.6 e. v. son las más eficientes, como indica la figura 19. El silicio, con una brecha de energía de 1.1 e.v., cae en este intervalo de gran eficiencia, que en él teóricamente es de 23%, aproximadamente. "En "Electricity from the Sun", de Pearson G. L., da la eficiencia experimental de silicio como 11%. Compuestos como InP, GaAs y CdTe deben tener eficiencias de conversión ligeramente más altas que la del silicio, pues sus brechas de energía están más cerca del valor óptimo. Sin embargo, esto no se ha

MÁXIMA DENSIDAD DE ENERGÍA CONVERTIDA DE LA LUZ INTENSA EN  
FUNCIÓN DEL INTERVALO DE ENERGÍA DEL SEMICONDUCTOR

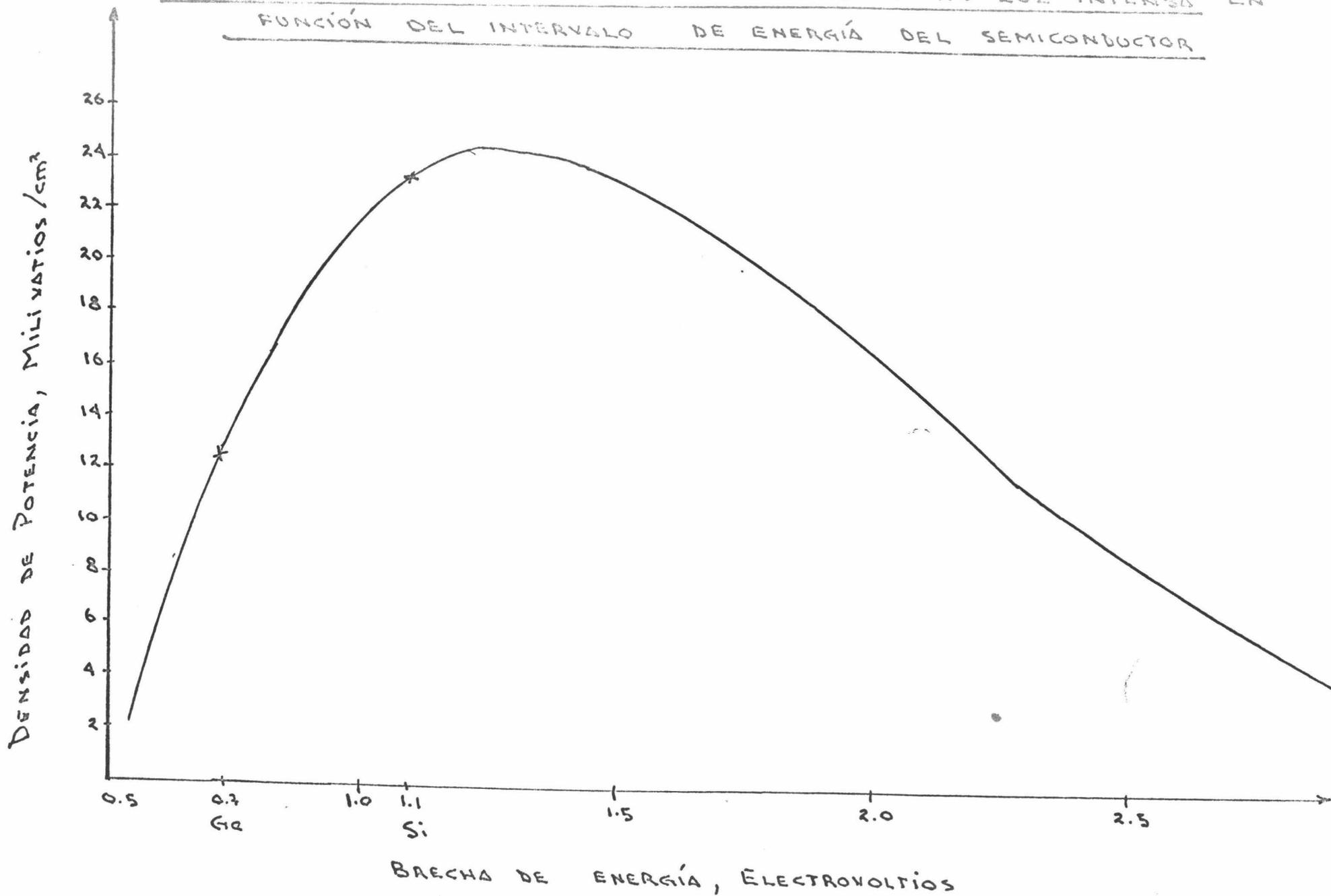


FIGURA 19

confirmado experimentalmente. Por otra parte, estos productos no están aún bastante desarrollados como para dar un rendimiento óptimo.

## 2.- Características de células para conversión solar.

a) Células de silicio.- Coeficiente de absorción en función de la longitud de onda.- La brecha de energía, por la que se calcula la eficiencia teórica de conversión de los materiales fotovoltaicos, determina la absorción espectral característica del material en la región de absorción fundamental. Esta es la región de alta absorción de un cristal y aquella de la que puede esperarse la mejor respuesta fotovoltaica. El silicio tiene un corte de absorción en  $1.2\mu$  con fuerte aumento en el coeficiente de absorción hacia longitudes de onda más cortas.

Respuesta espectral. Por las características de absorción del silicio se ve que los fotones con energía de 1.02 e.v., o más grande, pueden producir pares hueco-electrón. Sin embargo, la energía fotónica excedente de 1.02 e.v. no se usa en el proceso de conversión de energía. La respuesta espectral de una célula fotovoltaica de silicio se da en la figura 20. La curva A es el rendimiento de energía medido para intensidades iguales de radiación débil, en función de la longitud de onda. La sensibilidad máxima se ha tomado arbitrariamente como unidad. La curva C es el producto de las curvas A y B, reducidas de nuevo a la unidad para la sensibilidad máxima. Esta curva muestra cual es la porción de la radiación solar más útil para esta célula.

Preparación de células. Las células de silicio se preparan con silicio de calidad para transistores. La juntura se produce difundiendo boro en plaquitas de monocristales de silicio tipo N. La figura 21 muestra la configuración de una célula preparada de esta forma. La capa tipo P se conecta a la tierra por el lado opuesto a la cara expuesta y hacen los contactos con el islote N y el anillo P sobre la superficie inferior. La longitud L, la anchura W, el espesor H, no son dimensiones críticas para el funcionamiento de la célula. La dimensión más crítica es t, el espesor

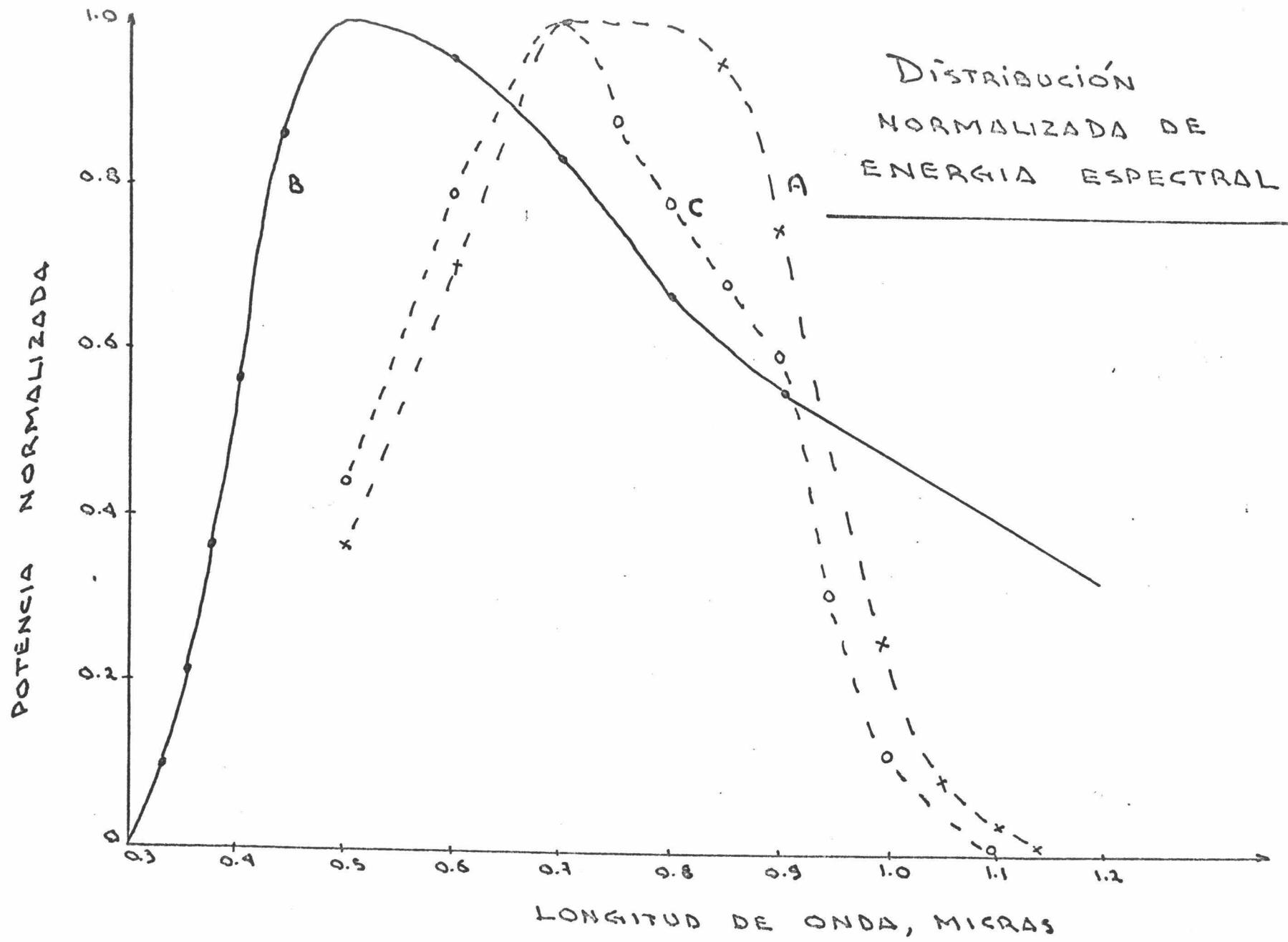


FIGURA 20

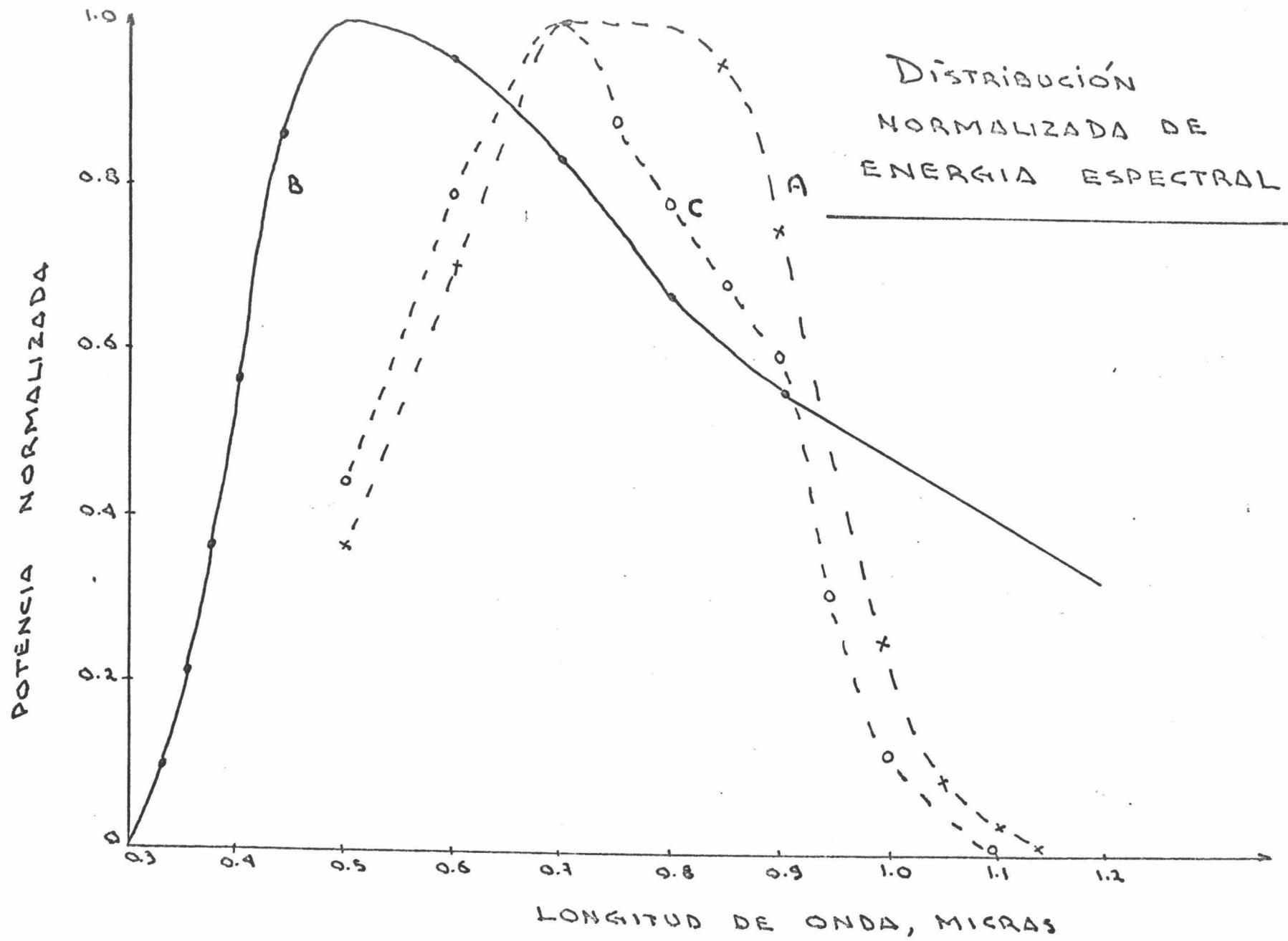
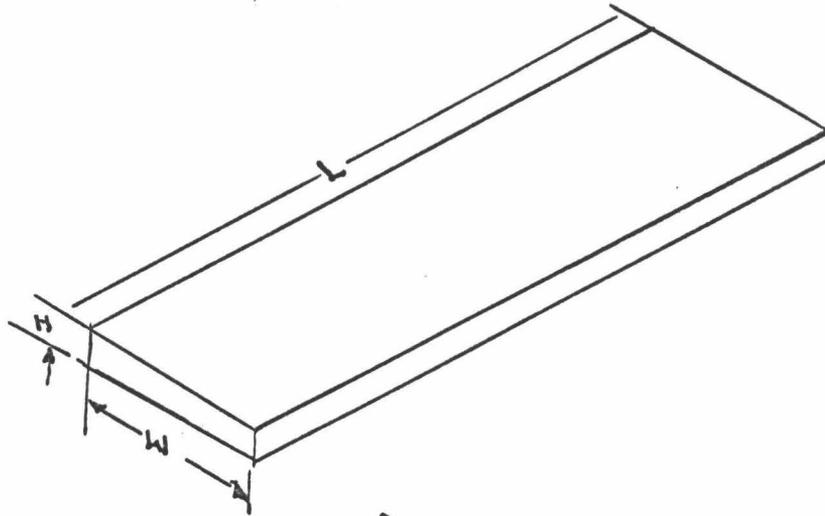


FIGURA 20

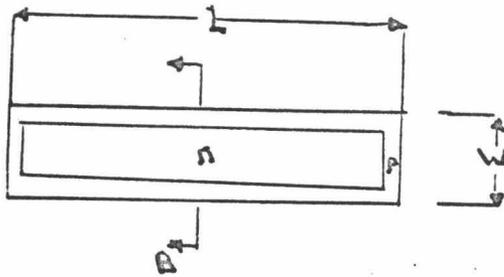
# Geometría de un convertidor de energía solar



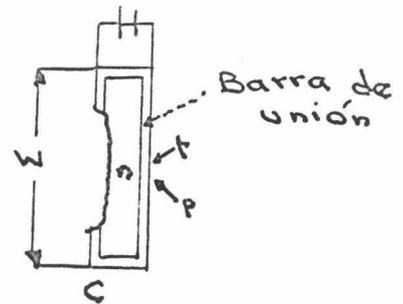
A

Vista superior

Todas las zonas expuestas tipo p



Vista inferior



Sección transversal que muestra la posición de la barrera.

CIRCUITO EQUIVALENTE PARA UNA FUENTE DE ENERGÍA DE UNIÓN P-N

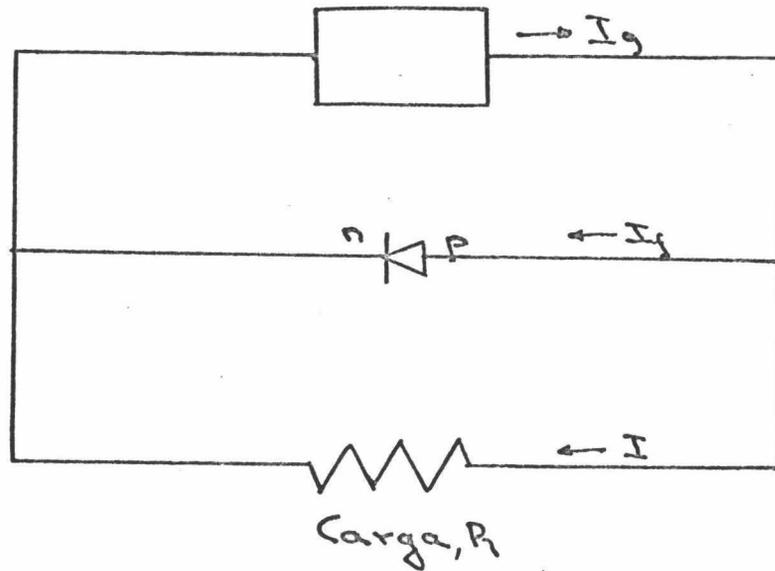


FIGURA 22

de la capa tipo P. Prácticamente todos los pares hueco-electrón producidos por la luz solar están dentro de  $10^{-4}$  cm. de la superficie. La capa tipo P sirve como electrodo colector; por ello, es preciso que tenga poca resistencia eléctrica para evitar en lo posible pérdida de energía. Esto puede conseguirse aumentando el espesor de la capa. Sin embargo, como los portadores se originan tan cerca de la superficie, es necesario que la juntura también esté cerca de aquella para evitar pérdida de portadores en minoría por recombinación. Esto requiere un compromiso en cuanto al espesor de la capa tipo P. Se ha hallado que un espesor de capa del orden de  $10^{-4}$  cm. es muy satisfactorio.

Características del voltaje de corriente.- Tomando como base el circuito equivalente propuesto por Pfann y Van Roosbroeck, representado en la figura 22 y con las expresiones que describen las características del voltaje e intensidad de corriente de dicho circuito, se hacen predicciones de la resistencia de la carga para la máxima transferencia de energía, el voltaje de circuito abierto y el voltaje e intensidad a la máxima energía.

Las ecuaciones para este circuito equivalente son las siguientes:\*

$$I_g = I_f + I \quad (1)$$

$$V = IR \quad (2)$$

$$I_f = \frac{kT}{eR_0} (e^{ev/kt} - 1) \quad (3)$$

en donde  $I_g$  es la intensidad de corriente generada,  $I_f$  la de la corriente que fluye en sentido opuesto,  $I$  la de la corriente en el circuito exterior y  $R_0$  es la resistencia de la capa barrera con voltaje cero.

Para obtener una expresión de  $V$  en función de la intensidad en circuito-corto, de la ecuación (1) se deduce:

$$I_{c.c.} = I_f + I$$

$$I_{c.c.}R = \frac{kT}{e} \frac{R}{R_0} (e^{ev/kt} - 1) + V \quad (4)$$

La expresión para la energía máxima  $P = IV = I \text{ c.c. } V - I_f V$  se deduce como:

$$P = I_{c.c.} V \frac{kT}{eR_0} (e^{ev/kT} - 1) V$$

Derivando e igualando a cero la derivada,

$$\frac{dP}{dR} = 0 = \frac{\partial P}{\partial I} \frac{dI}{dR} + \frac{\partial P}{\partial V} \frac{dV}{dR}$$

Con P máximo:

$$e^{ev/kT} = \frac{R_0}{R} \quad (6)$$

Sustituyendo esta expresión en la ecuación (4) resulta:

$$I_{c.c.} = \frac{kT}{eR} \ln \frac{R_0}{R} + \frac{kT}{e} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} \right) \quad (7)$$

Por la ecuación (7), se puede determinar la resistencia de carga para la energía máxima, en función de  $I_{c.c.}$  y  $R$ . De la ecuación (6) se deducen el voltaje y la intensidad a la energía máxima en función de  $R$ .

$$V \text{ energía máx} = \frac{kT}{e} \ln \frac{R_0}{R} \quad (8)$$

$$I \text{ energía máx} = \frac{kT}{eR} \ln \frac{R_0}{R} \quad (9)$$

Con la ecuación (4) se determina el voltaje en circuito abierto en función de la intensidad en corto circuito como sigue:

$$V_{c.a.} = \frac{kT}{e} \ln \left( 1 + \frac{e}{kT} I_{c.c.} R_0 \right) \quad (10)$$

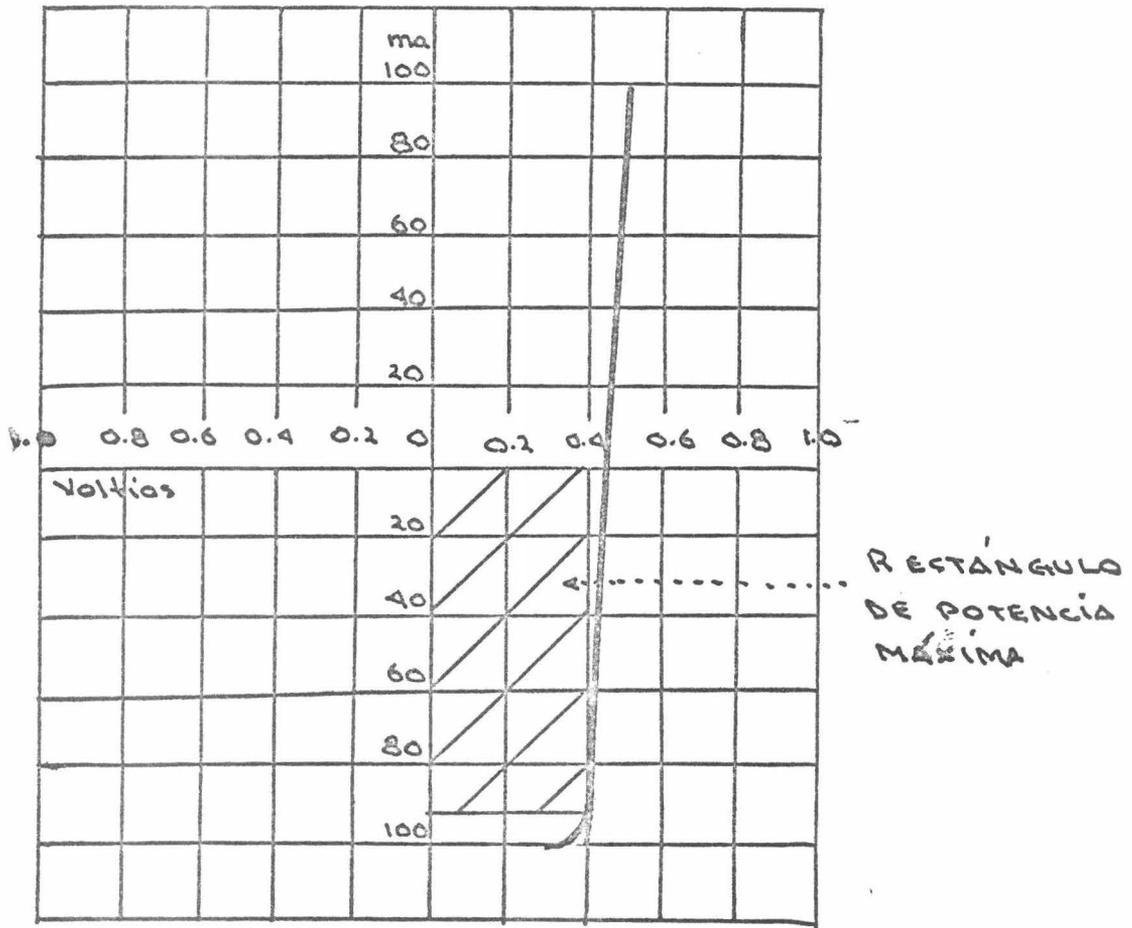
Se puede representar gráficamente una característica ideal de corriente de voltaje combinando las ecuaciones (1) y (3), que dan:

$$I = I_g - I_o \left( e^{ev/kT} - 1 \right) \quad (11)$$

donde  $I$  es la intensidad de saturación inversa y es igual a  $\frac{kT}{eR_o}$

En la figura 23 se da la gráfica de esta ecuación obtenida con valores escogidos de los parámetros. Mediante la elección adecuada de la carga,-

# CARACTERÍSTICAS DE UNA CÉLULA FOTOELÉCTRICA O CONVERTIDOR DE ENERGÍA SOLAR.



$$I_L = 0.1 \text{ amp.}$$

$$I_0 = 10^{-9} \text{ amp.}$$

$$q/KT = 40 \text{ voltios}^{-1}$$

es posible extraer casi 80% del producto I.c.c. V.c.a.

b) Celulas de Sulfuro de Cadmio.- Se ha hallado que en las células de sulfuro de cadmio la eficiencia de conversión de energía solar es de 5%. El sulfuro de cadmio tiene una brecha de energía de 2.4 e.v. Por el cálculo de la eficiencia de conversión en función de la energía, no era de esperar esta eficiencia observada.

Sin embargo, en el cálculo se suponía que al proceso fotovoltaico sólo contribuían los fotones con energía suficiente para excitar un electrón desde la banda de valencia a la banda de conducción. Esto significaría que en el proceso fotovoltaico no había de intervenir la energía del espectro solar de longitudes de onda más largas que la del corte de absorción. En este punto surge una anomalía en el sulfuro de cadmio y aparece una desviación en el cálculo ordinario de la eficiencia teórica. Ocurre precisamente que toda la respuesta de las células de sulfuro de cadmio viene de longitudes de onda más largas que la del corte de absorción. El mecanismo de los procesos de conducción en el sulfuro de cadmio ayuda a explicar esta anomalía. Por ello se examinarán algunas de las propiedades de los cristales de sulfuro de cadmio que pueden dar razón del mecanismo del efecto fotovoltaico; a saber, el coeficiente de absorción y la fotoconductividad. Luego se examinarán en detalle las propiedades de la célula fotovoltaica de sulfuro de cadmio.

Coeficiente de absorción en función de la longitud de onda.- El color de los cristales de sulfuro de cadmio varía de amarillo a negro, según la cantidad y la clase de las impurezas presentes. En cristales relativamente puros, el corte de absorción ocurre a 5200 $\text{\AA}$  con caída brusca del coeficiente de absorción inmediatamente más allá del corte y algo de absorción residual, hacia el rojo, que depende mucho de las impurezas. En la figura 24, la curva I es típica. La curva II es del cristal de sulfuro de cadmio tipo P con 0.002% de cobre. En este cristal se observa un cam-

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA PARA UN CRISTAL DE SULFURO DE CADMIO TIPO N (CURVA I) Y TIPO P (CURVA II)

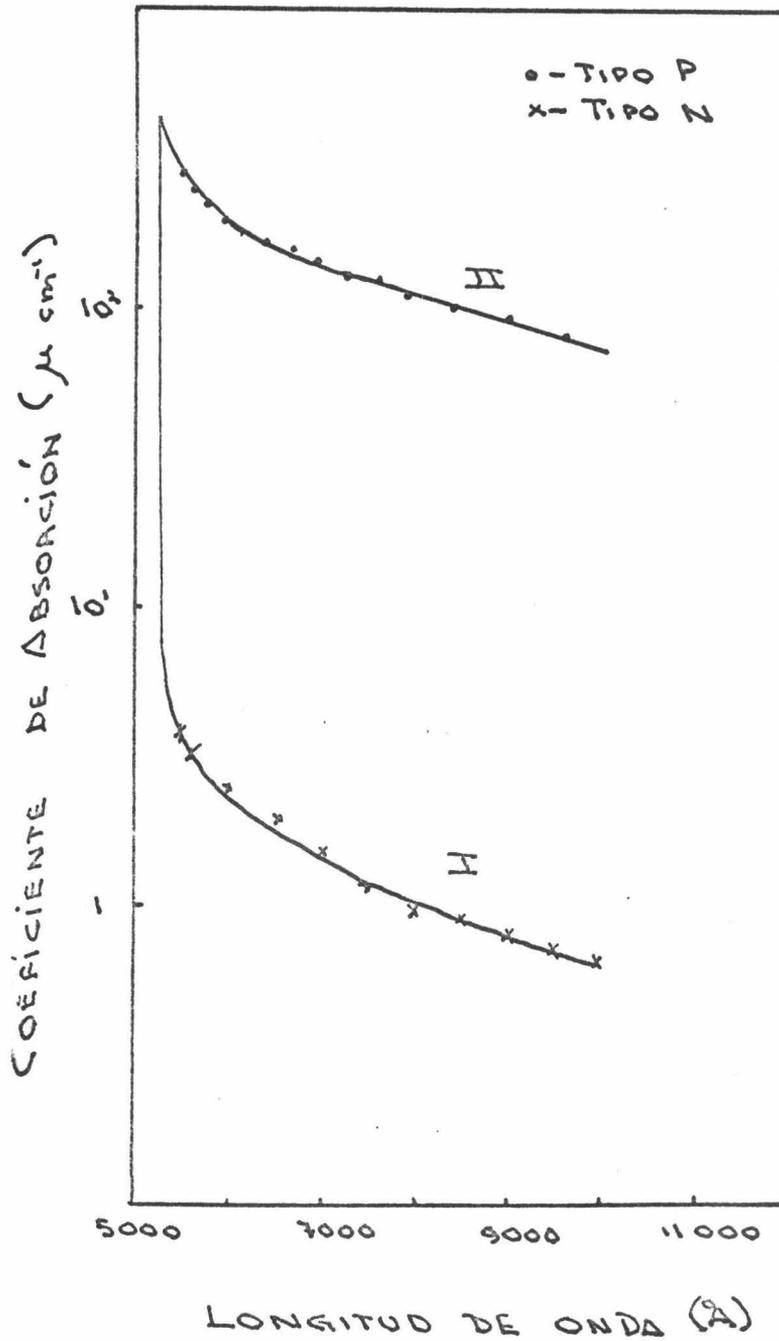


FIGURA 24

bio muy pronunciado en las propiedades de absorción más allá del corte de absorción. El coeficiente de absorción en las regiones del espectro visible y del infrarrojo cercano es muy grande.

Fotoconductividad en función de la longitud de onda.- El sulfuro de cadmio es un fotoconductor excelente y sus características difieren al variar el grado de pureza. El sulfuro de cadmio puro tiene sólo un máximo que coincide con el corte de absorción y la subida y desaparición de la fotocorriente es muy rápida. A medida que aumenta el contenido de impurezas, aparece en general otro máximo y en algunos casos enmascara por completo al máximo en el corte de absorción. Algunos cristales tienen vida extremadamente larga. Estas vidas largas fueron observadas por Kallman, Broser y Warminsky. Primero propusieron la hipótesis de que los huecos formados por excitación están localizados en la banda de valencia y no pueden emigrar a los electrodos; en tanto que así sucede, los electrones de la banda de conducción pueden estar en equilibrio de potencia térmico con los electrodos. Esto permite un nuevo suministro de electrones del cátodo. (Estos investigadores habían observado hasta  $10^4$  portadores para cada fotón absorbido en los cristales, con vida de  $10^{-2}$  seg.) La conductividad depende entonces del número de huecos confinados y del tiempo durante el cual éstos están localizados. Como segunda hipótesis utilizan el modelo de Riehl-Schon. En éste se supone que parte de los electrones excitados pasan a una banda que está entre la banda de conducción y la banda llena y en la cual los electrones se mueven libremente. La densidad electrónica en esta banda está en equilibrio de potencial térmico con los electrodos, y los electrones quedan en esta banda por tiempo relativamente largo. En tanto que en esta banda hay electrones suficientes, pueden pasar más electrones de los electrodos. Durante este período es posible la conductividad metálica. Con el desarrollo de la célula fotovoltaica de sulfuro de cadmio se ve que sólo el segundo modelo es aplicable, si se admite el mismo mecanismo pa-

ra los cristales fotoconductores y fotovoltaicos.

Preparación de células.- Los cristales que se usan en la preparación de células fotovoltaicas se forman en la fase de vapor. Es necesario que su resistividad esté en el intervalo de  $10^1$  a  $10^2$  ohm/cm.

Se cortan placas de los cristales y se forman los electrodos como se indica en la figura 25. El electrodo barrera se aplica una superficie por galvanostegia con una solución de cobre. En este caso se necesita la presencia de iones cuprosos que se difunden en el cristal y forman una barrera. El electrodo colector consiste en un contacto de indio aplicado a la periferia de la cara opuesta.

Longitud de difusión.- La longitud de difusión en el sulfuro de cadmio se midió con una célula fotovoltaica. Se pasó un haz de luz por una hendidura de 1/50 mm. de anchura y se dirigió sobre la barrera. El voltaje fué medido en un potenciómetro. Luego se trasladó la luz hacia el electrodo de la base y se midió el voltaje en función de la distancia de la barrera. Este satisface la ecuación:

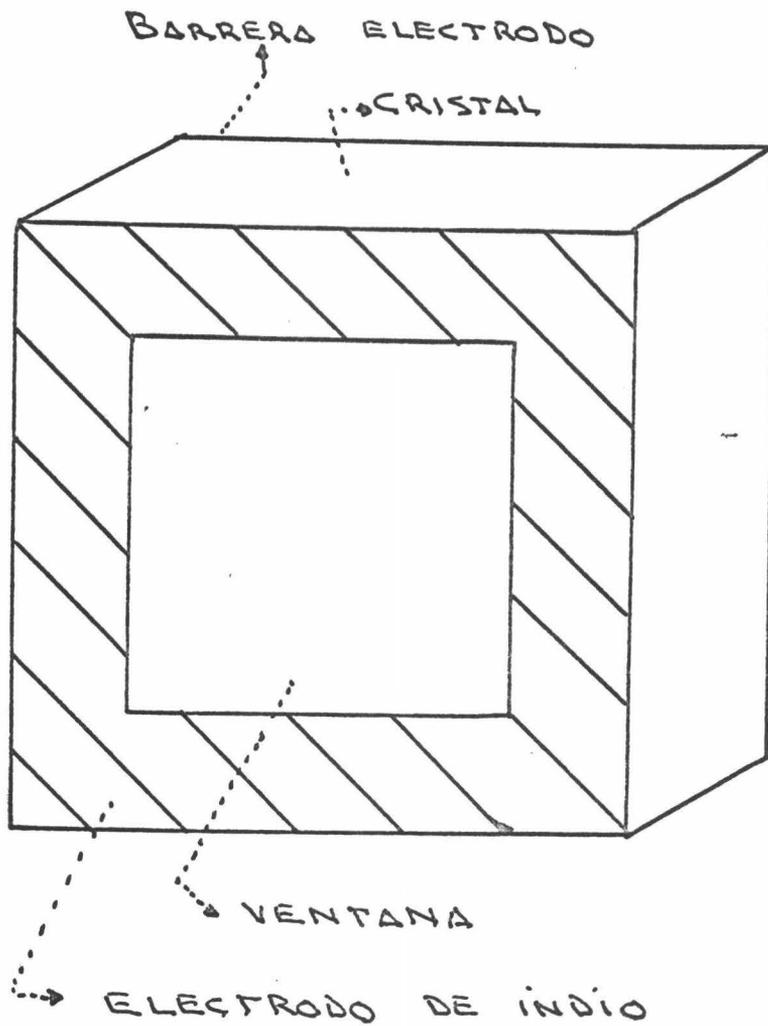
$$V \propto e^{-\frac{X}{L}}$$

donde V = voltaje medido, X = distancia de la barrera y L = longitud de difusión.

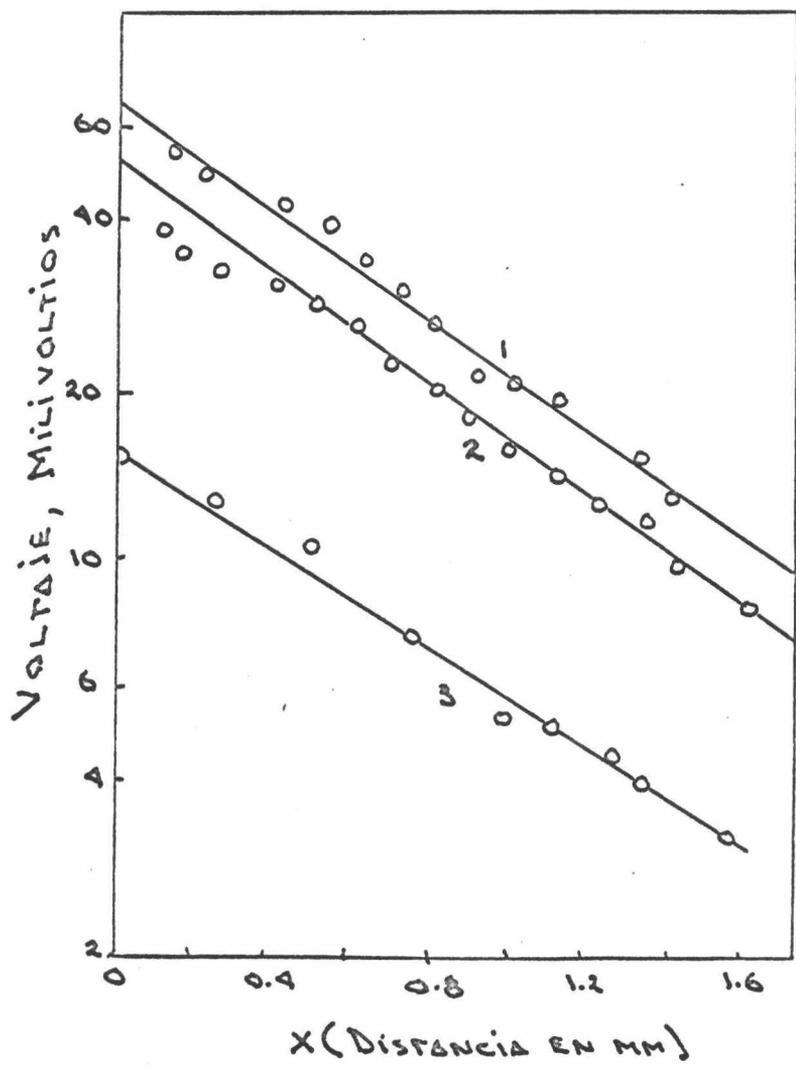
Se lleva a una gráfica  $\ln V$  en función de X para tres intensidades de luz, como indica la fig. 26. El valor recíproco de la pendiente de las líneas rectas obtenidas da la longitud de difusión. La longitud medida viene a ser aproximadamente 1 mm.

Respuesta espectral.- La respuesta espectral de una célula de sulfuro de cadmio de 2 mm. de grueso se representa en la fig. 27. En la misma figura se da la distribución solar en la superficie de la Tierra. Esta es la distribución espectral de energía solar colimada (sin luz celeste) al nivel del mar. En la respuesta del sulfuro de cadmio se ven dos máximos, uno en

# CÉLULA FOTOVOLTAICA DE SULFURO DE CADMIO



VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO EN  
FUNCION DE LA DISTANCIA DE LA BARRERA AL  
HAZ DE LUZ.



RESPUESTA ESPECTRAL DE UNA CÉLULA FOTOELÉCTRICA DE SULFURO DE CADMIO

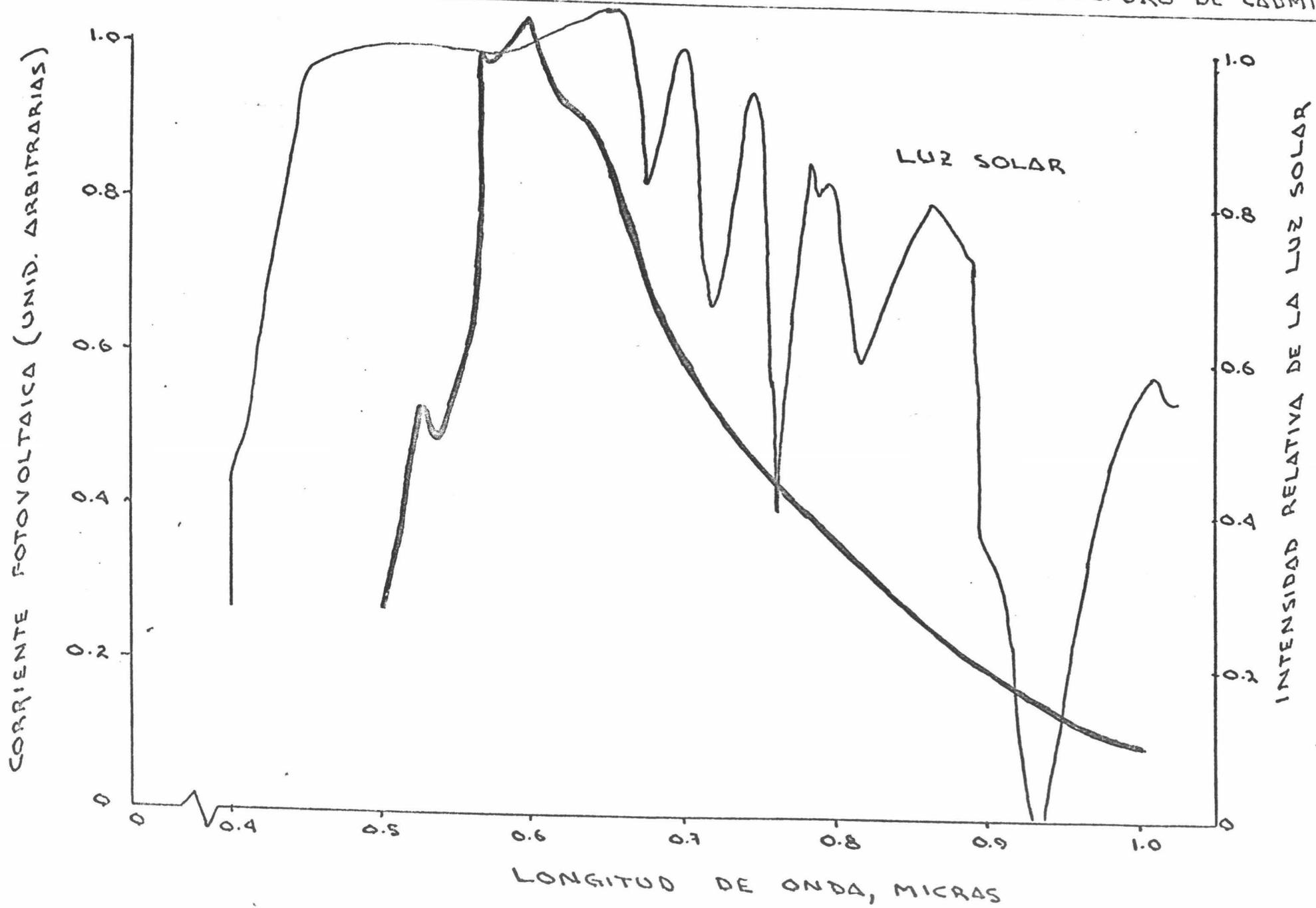


FIGURA 27

el corte de absorción y otro a  $6200\text{\AA}$ . En este caso, el máximo en el corte de absorción se ha reducido porque el cristal era más grueso que una longitud de difusión y la radiación por debajo de  $5250\text{\AA}$ . se absorbe en el espesor de las primeras micras. El máximo hacia el rojo es interesante porque en general esta región se considera de notable transparencia en el sulfuro de cadmio. Sin embargo, en la Fig. 24 se ve que el coeficiente de absorción para el sulfuro de cadmio tipo P en este intervalo del espectro es muy apreciable y ello ha de producir fuerte absorción en este intervalo. Sin embargo, la separación energética de las bandas en el sulfuro de cadmio no causaría respuesta espectral en esta región.

Ofrece interés el que la eficiencia relativamente grande se obtenga con los cristales de sulfuro de cadmio sin usar la respuesta a longitudes de onda más cortas que las de corte de absorción. La excitación de electrones en niveles de impurezas a una energía por debajo de la banda de conducción (por la luz de longitudes de onda de la región roja e infrarroja-cercana) podría explicar la respuesta espectral, si se admite un proceso en dos pasos hacia la banda de conducción; sin embargo, esto no explicaría la fotoconductividad. Estas vidas largas no pueden explicarse por dicho proceso de excitación en dos pasos, a menos que se suponga que los huecos están fijos. Si éste fuera el caso, no se observaría el efecto fotovoltaico. Por ello, para que exista acuerdo entre el efecto fotovoltaico y la fotoconductividad parece que el nivel de energía intermedio debe ser una banda. Y esto se ajusta al modelo de Riehl-Schon.

## OTROS MATERIALES

Si se toman como base las teorías generales acerca del mecanismo fotovoltaico, se pueden hacer predicciones sobre otros materiales prometedores para la conversión de energía solar. Además del silicio, son utilizables el arseniuro de galio, el fosfuro de indio y el telururo de cadmio, pero tienen poca ventaja potencial sobre el silicio, salvo en la zona de respuesta a la temperatura. A medida que se ensancha la brecha de energía, la respuesta fotovoltaica desciende lentamente al aumentar la temperatura.

Puede obtenerse ventaja al apilar materiales con diferentes brechas de energía para aprovechar mejor el espectro solar. En esta pila, el material de la capa superior deberá tener la mayor brecha de energía y ser transparente a todas las longitudes de onda más allá del corte de absorción. Entonces, una parte de la energía transmitida es utilizada por el material inmediato inferior y este proceso puede repetirse en varias capas de brechas de energía diferentes que abarquen todo el espectro solar.

Si pudiera conseguirse algo semejante con un solo material se tendría la célula ideal. El sulfuro de cadmio, con una respuesta más allá del corte de absorción, se presenta como un paso adelante en esta dirección. En un material como éste es en donde se ha de buscar un nuevo método de conversión de la energía solar, y posiblemente los más altos valores de eficiencia se hallarán en estos materiales.

VI.- FUENTES AUXILIARES DE ENERGIA.

VI.- FUENTES AUXILIARES DE ENERGIA

- A) Fuentes Diversas
- B) Plantas Hidráulicas
- C) Generador Termoiónico
- D) Generador Magnetohidrodinámico o MHD
- E) Fuentes Electroquímicas de Corriente.

## VI.- FUENTES AUXILIARES DE ENERGIA.

Existen fuentes de energía que en un principio pudieran ser de poca importancia debido a su capacidad, sin embargo, en un momento dado, pudieran resolver innumerables problemas de disponibilidad, costo y confiabilidad. Por ese motivo, en este capítulo se tratarán brevemente varios tipos de generación de electricidad por medio de "fuentes auxiliares de energía".

### A.- Fuentes diversas.

Fuentes tales como madera, desperdicios de granjas, vientos, diferencia de temperatura en aguas tropicales, mareas y vapor natural no prometen mucho para contribuir con una cantidad apreciable de las necesidades futuras de energía del mundo. Sin embargo, la madera y los desperdicios de granjas contribuyen con un 14% de las necesidades de energía del mundo.

Algunas de estas fuentes presentan un cierto interés pues producen energía barata.

La utilización de la energía de las mareas ha llamado la atención del hombre por muchos siglos. Se han propuesto formas diferentes de aprovechar dicha energía, pero ninguna ha llegado a satisfacer plenamente.

### B.- Plantas hidráulicas.

#### 1) Maremotrices,

Existen dos tipos básicos de estas plantas, ya que es posible generar energía eléctrica aprovechando los efectos de las mareas y olas.

Las más usadas son aquellas que trabajan a base de mareas.

El fenómeno de las mareas es calificado por "Electricité de France" como "curioso" y "desconcertante". En efecto, hay en las costas de Francia dos plenos mares y dos bajos mares diarios. Además, se ha comprobado con

sorpresa que en Do-San en Tonkin hay solo un pleno mar y un bajo mar cada 24 horas.

Otra comprobación desconcertante: mientras que en la Bahía de Fundy, en la costa Atlántica del Canadá, la amplitud puede sobrepasar 15 metros, en el Mediterráneo sólo llega a algunos decímetros.

El fenómeno de la marea ha estado durante mucho tiempo inexplicable. Se ha pensado que se debe a la atracción conjunta de la luna y el sol, pero se ha visto que no es totalmente aceptable. Desde hace un cierto tiempo, ha aparecido una concepción nueva, según la cual el fenómeno de las mareas es consecuencia de la moderación de la rotación terrestre, pero no se ha llegado a una demostración definitiva.

Principio de un aprovechamiento maremotriz.

- a) Una presa que atraviesa un estuario cerrando la bahía, creando un vaso aislado en el cual el nivel es diferente al del mar.

Esta presa debe tener los elementos móviles necesarios para cerrar el vaso permitiendo establecer comunicación entre el vaso y el mar.

- b) Una central equipada de grupos turboalternadores que trabajan en ambos sentidos (llamados también grupos - bulbos), que funcionan gracias a la diferencia de nivel existente entre el vaso y el mar.

## 2.- Plantas hidroeléctricas.

Son aquellas que aprovechan la energía hidráulica de un río, para transformarla en energía eléctrica.

Aprovechamiento Hidráulico.- Comprende un conjunto de obras que permiten derivar un cierto gasto de un río y conducirlo a los grupos turboalternadores, en donde la energía hidráulica correspondiente al desnivel entre la obra de toma y la de restitución (llamada altura de caída) se transforma en energía eléctrica.

Los aprovechamientos hidroeléctricos requieren diferentes tipos de estructuras de acuerdo con los valores de las alturas de caída y la posibilidad de acumulación de energía, pero en general, se puede decir que todo aprovechamiento hidráulico consta de las siguientes obras:

- 1.- Obra de retención.
- 2.- Obra de toma
- 3.- Obra de derivación (canal o galería de conducción, obra de presión y conducción de presión.
- 4.- Central (equipo turbogenerador).
- 5.- Obra de restitución.

Obra de retención.- La obra de retención consiste en la colocación de una cortina generalmente entre dos laderas, con el objeto de crear una presa para almacenar el agua proveniente de las diferentes precipitaciones.

Obra de Toma.- Es la estructura que tiene por objeto derivar el gasto de embalse hacia la obra de conducción y se construyen en dos formas:

- a) Sobre ladera o cortina
- b) Como torre aislada

Obra de derivación.- Comprende lo siguiente:

- a) Canal o galería de conducción
- b) Obra de puesta a presión
- c) Conductos de presión.

El canal o galería de conducción es aquel que une a la obra de toma con la de puesta a presión.

Obra de puesta a presión.- Debido a los efectos del golpe de ariete, es común utilizar un pozo de oscilación. A esta obra se le llama "obra de puesta a presión".

Conducto de presión.- Es la que realiza la unión entre la obra de alimentación (obra de puesta a presión o pozo de oscilación) y la turbina; y --

están expuestas en su extremidad inferior a una presión vecina a aquella que corresponde a la altura de caída.

Central. Es el conjunto de aparatos que tienen la finalidad de transformar la energía hidráulica a mecánica, para así convertirla en eléctrica.

Obra de restitución.- Después de la central existe otra obra más, conocida como "obra de restitución", la cual da salida al gasto de agua que ha pasado por la turbina o rueda.

### C.- Generador termoiónico.

Han sido propuestos diversos diseños de convertidores y configuraciones, sin embargo el principio de funcionamiento es el mismo:

Al calentar un material éste emite electrones. Este proceso es análogo a la liberación de partículas de vapor cuando se calienta agua.

Si se pueden captar en un colector estos electrones y se conecta una carga eléctrica entre emisor y colector, entonces se tiene corriente eléctrica.

La operación de este generador es muy simple y fácil de comprender, sin embargo en la práctica se presentan problemas importantes que dificultan la conversión.

Entre los más importantes, está el conocido como efecto de carga espacial, pues la nube de electrones ejerce una repulsión en los electrones que le preceden.

Emisión térmica.- Si un material es calentado, son emitidos los electrones de él. Esta es la emisión termoiónica. La energía térmica suministrada al material trae como consecuencia colisiones entre los electrones libres, de manera que pueden algunos escapar si dicha energía es la suficientemente grande. La energía requerida para extraer un electrón de un material es un importante parámetro y se le conoce como función de trabajo del material.

- 1.- Pilas primarias
- 2.- Pilas secundarias
- 3.- Pilas de combustión

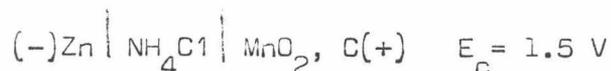
1.- Las pilas primarias, llamadas pilas irreversibles, son sistemas electroquímicos cuyas reacciones, esencialmente irreversibles, desde el punto de vista químico, dan lugar a la producción de energía eléctrica que se aprovecha una sola vez, es decir, no hay posibilidad efectiva de regenerar las condiciones originales de las reacciones que se efectúan en el interior de la celda aún cuando se aplique energía eléctrica al sistema.

A su vez, las pilas primarias se clasifican en:

- a) Pilas secas
- b) Pilas de electrólito sólido.
- c) Pilas húmedas.
- d) Pilas de reserva.

a) Las pilas denominadas secas, en realidad no están literalmente secas; se llaman así, porque trabajan con electrólitos semisólidos (pastas húmedas o geles) que no se escurren, lo que por otra parte permite a estas pilas adoptar cualquier posición física durante su utilización.

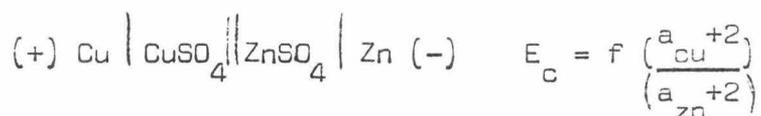
Caso típico de estas celdas es la pila Leclanché, cuyo esquema es:



b) Las pilas de electrólito sólido, se caracterizan por utilizar como electrólito, una sal sólida conductora (AgBr, AgI, SnSO<sub>4</sub>, etc.), formando sistemas electroquímicos como:

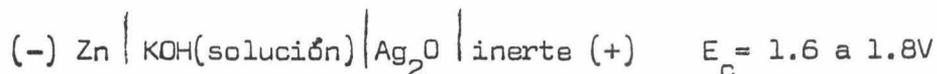


c) Las pilas húmedas, corresponden a los tradicionales sistemas electroquímicos de tipo voltaico o galvánico. Por ejemplo, la pila de Daniell:



d) Las pilas de reserva, son sistemas electroquímicos clásicos, pero -

preparados de tal manera que sólo se consuman cuando se les necesite, pudiéndose mantener en reserva mientras no se usan. Es el caso del sistema:



en donde, la solución concentrada de KOH, para activarse, se hace circular por un cambiador de calor, en circuito cerrado, precisamente en el momento en que se requiere de la energía producida por la pila.

2.- Pilas secundarias.- Las pilas secundarias, llamadas también pilas reversibles o acumuladores, son sistemas electroquímicos cuyas reacciones, en principio reversibles, dan lugar a la producción de energía eléctrica durante su descarga, pero con la posibilidad de regenerarse aplicando corriente directa del exterior y en sentido contrario, de tal manera que se lleve al sistema en cuestión, hacia sus condiciones originales.

a) Acumulador Plomo-ácido

Este tipo de acumulador está constituido por juegos de placas que conforman a los electrodos respectivos y un electrolito ácido, estructurando el sistema:



Ambas placas, que constituyen las almas de los electrodos, son rejillas de plomo antimonal (7% Sb) con algo de As y Sn. El antimonio le proporciona dureza a las placas y el estaño le previene de la corrosión. Los accesorios, como son las barras colectoras y los postes son de plomo con 3% de Sb.

b) Acumulador Fierro - níquel

Están constituidos por juegos de placas de acero que contienen a la materia activa, sumergidas en una solución de KOH y todo el conjunto, instalado en una caja de acero.

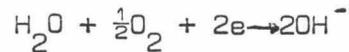
3.- Pilas de Combustión.

Las pilas de combustión, pueden definirse como dispositivos que se alimentan

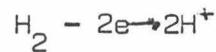
tan con un combustible convencional, como gas, aceite, gasolina, etc., y que, en consecuencia, generan electricidad por medio de una reacción directa de oxidación electroquímica para lo cual consumen oxígeno del aire.

Reacciones químicas de las celdas de combustión:

en el cátodo:



y en el ánodo:



Es particularmente importante hacer notar que la eficiencia de las celdas de combustión es de las más altas, entre los sistemas de conversión de energía, para lo cual, basta comparar las pérdidas energéticas en relación con un método tradicional para la obtención de corriente eléctrica, sin considerar, por lo pronto el costo de producción.

	Sistema termoeléctrico	Celda de Combustión
Energía de entrada	100	100
Pérdida de combustión	10	-
Pérdida termodinámica	45	25 a 55
Pérdida mecánica y térmica en turbinas	9	-
Pérdida térmica en generadores	2	-
Energía útil neta	34%	45 a 75%

VII CONCLUSIONES Y POLITICAS A SEGUIR

VII.- CONCLUSIONES Y POLITICA A SEGUIR

A) SOLUCIONES A CORTO PLAZO

- 1.- Utilización del Carbón
- 2.- Utilización de la Energía Nuclear
- 3.- Ahorro en el consumo de gas

B) SOLUCIONES A MEDIANO PLAZO

- 1.- Energía nuclear
- 2.- Energía geotérmica
- 3.- Carbón

C) SOLUCIONES A LARGO PLAZO

D) CONCLUSION FINAL

## VII.- CONCLUSIONES Y POLITICAS A SEGUIR

Con base en los estudios presentados, se puede concluir, que existe la necesidad de preparar lo más pronto posible una infraestructura científica y tecnológica en el país, capaz si no de contribuir originalmente, — por lo menos de implementar un desarrollo de sistemas energéticos con una visión nacional.

Los países en vía de desarrollo, como es el caso del nuestro, tienen la ventaja de poder seleccionar en un momento dado, la tecnología de más alto nivel y aplicarla sin haber sufragado gastos de investigación y desarrollo, sin embargo esta forma de crecimiento no es deseable, porque la tecnología es un proceso dinámico al cual debemos integrarnos, si no en forma total dado que nuestros recursos son limitados, por lo menos en las áreas específicas que son de mayor interés para el desarrollo del país como es el área de energéticos.

Además se puede concluir, que es urgente, una intensificación en la investigación de los recursos con que se cuenta, una debida asignación y distribución de ellos, y un adecuado aprovechamiento de las fuentes auxiliares de energía.

Partiendo de ésto, a continuación se enlistan soluciones posibles a corto, mediano y largo plazo.

A) SOLUCIONES A CORTO PLAZO.

Ante la crisis de los hidrocarburos y dentro de las técnicas industriales actuales masivas de generación de energía eléctrica, aparece como solución inmediata la utilización del carbón y de la energía nuclear.

El carbón con la única restricción de emplear minerales no utilizables para la industria siderúrgica y la necesidad de mayores inversiones para evitar la contaminación atmosférica; la energía nuclear con la limitación de un marco cada día más estrecho de restricciones técnicas y legales, que condicionan el uso de esta importantísima fuente de energía a la que tanto teme y de la cual tanto espera la humanidad. Y es importante destacar aquí, que al aumentar mundialmente la proporción del uso de la energía atómica como energético primario fundamental posible, aparece la importancia de su conversión inmediata a energía eléctrica, para permitir la utilización universal de tal energía primaria, determinando con ello un incremento aún mayor de los consumos futuros de energía eléctrica.

1.- Utilización del Carbón.- En la mayor parte de los países de alto desarrollo industrial se ha usado el carbón mineral como energético aplicable a la producción de energía eléctrica. En el caso de México, el carbón ha conservado durante mucho tiempo una posición importante exclusivamente como agente termoquímico en la Industria del Hierro y del Acero.

Tomando como punto de partida el hecho de que para dicha industria es indispensable contar con carbón coquizable, se hace necesario cuantificar, aplicando coeficientes de seguridad adecuados, las reservas de carbón coquizable que deben destinarse en la Industria Siderúrgica tomando en consideración el desarrollo futuro de la misma.

El resto del carbón existente en el territorio nacional deberá ser considerado como un energético primario.

Es por lo tanto condición indispensable para definir, en términos del interés nacional, un cuadro adecuado de la participación del carbón entre los demás energéticos primarios.

En 1973 el país tenía una capacidad eléctrica instalada de 9.062 millones de kilowatts, de la cual el 45% correspondió a plantas hidroeléctricas y el 55% a termoeléctricas; y el consumo aparente fué de 37.895 millones de KW-hora.

Al analizar la demanda de energía eléctrica para 1981, se estima que en términos generales se requerirá cerca de 90 millones de KW-hora de los cuales cerca de 64 000 provendrán de plantas termoeléctricas y si se pretende cubrir esta demanda con base en los derivados del gas y del petróleo, la responsabilidad sobre PEMEX sería de magnitud colosal, por lo que se ha reforzado la necesidad de usar con mayor amplitud, con mayor inteligencia, con una firma y decidido aprovechamiento de nuestros recursos, máxime que si se consideran las reservas totales de carbón, los años de duración de dichas reservas serían de 435 años al ritmo actual de producción, y de 41 años si se toman en cuenta únicamente las reservas positivas o medidas. Si se comparan estas cifras con las correspondientes al petróleo crudo (17 años) y al gas (16 años), se destaca que en cuanto a las reservas, la industria petrolera afronta una situación más crítica, a pesar de los grandes esfuerzos para aumentar las reservas de hidrocarburos.

Ante esta situación, la Comisión Federal de Electricidad ha iniciado los proyectos para instalar 2 plantas termoeléctricas a base de carbón, una en Río Escondido con capacidad de 320 Megawatts y otra en Lampacitos, de 600 Megawatts, ambas localidades en el Estado de Coahuila, las cuales según el programa de expansión de la Comisión Federal de Electricidad iniciarán operaciones en 1977 y 1978. En Río Escondido se quemará carbón no coquizable y el de Lampacitos es coquizable en un porcentaje muy bajo de manera que la extracción no afectará a la industria siderúrgica de ninguna manera.

Por otra parte, si el petróleo y los derivados continúan aumentando su precio, conviene estudiar nuevamente las posibilidades de la carboquímica siempre y cuando los procesos ofrezcan interés por sus características técnicas y económicas para apoyar la oferta de productos químicos, ya que paralelamente a la crisis de energéticos, se ha presentado una gradual escasez de productos químicos orgánicos, los cuales tienen su origen precisamente en el petróleo y el gas natural.

a).- Explorar intensivamente en las áreas que ofrecen amplias posibilidades para aumentar las reservas de carbón.

Cabe señalar que las reservas calculadas podrán incrementarse significativamente si se logran rebasar mayores profundidades que las actuales, considerando los factores que afectan la explotación con criterios que contemplen la inversión de infraestructura y el costo de preparación, desarrollo y explotación en las minas.

b).- Implementar un plan general para el desenvolvimiento de la industria carbonífera a corto, mediano y largo plazo, tomando en cuenta las necesidades del sector siderúrgico, metalúrgico y la generación de energía eléctrica, para definir las áreas que desde un enfoque integral sean más convenientes de explotar.

c).- Mejorar las tecnologías de explotación y aprovechamiento a fin de aumentar la productividad.

d).- Asegurar la autosuficiencia en materia de carbón y coque que se traduzca en un aumento de la producción que evite la fuga de divisas y dependencia del exterior.

e).- Estudiar cuidadosamente las tendencias que se manifiesten en otros países sobre el aprovechamiento racional del carbón, con miras a la diversificación de las fuentes primarias de energía, para que en su oportunidad se propicie la investigación de acuerdo a nuestros recursos y se proponga su aplicación comercial.

f).- Para lograr estos objetivos, se debe estudiar la conveniencia de formar una empresa integrada que se ocupe de la exploración, explotación y

comercialización del carbón, o bien que alguno de los organismos existentes absorba las actividades del carbón para su desarrollo.

2.- Utilización de la energía nuclear.- Desde un punto de vista energético, es necesario precisar que hasta ahora la única aplicación económicamente posible de la energía nuclear, es en nuestro caso, a través de la producción de energía eléctrica. Esto asocia muy estrechamente el desarrollo energético nuclear al desarrollo del Sector Eléctrico. Por lo tanto, se requiere no solo una estrecha coordinación entre las actividades de la Comisión Federal de Electricidad y el Instituto Nacional de Energía Nuclear, sino identificar con una gran precisión todas aquellas metas comunes cuya realización debe tener como punto de partida el establecimiento de una política adecuada.

Deben conocerse a fondo nuestras reservas del uranio para poder hacer estimaciones y estudios económicos con datos reales y correctos.

Deben integrarse el uso de los reactores térmicos de baja conversión, los de alta conversión y los de cría, conforme se desarrollen, dentro de un programa nacional de reactores. La mezcla propuesta garantizaría costos bajos en los ciclos de combustible y otorgarían óptimas economías en las plantas generadoras de la industria nuclear.

Algunos reactores de alta conversión tienen la tecnología más accesible y transferible para México. Además, evitan la dependencia en el uranio enriquecido y en los mercados cada vez más difíciles.

3.- Ahorro en el consumo de Gas.- Como primera acción de lo que deberá ser un cuerpo integrado de disposiciones en materia de energéticos, se debe incluir una, sobre el consumo global de gas LP, desalentando y prohibiendo en su caso, los consumos no justificables. Estos consumos no justificables son fundamentalmente los efectuados para carburación automotriz y algunos realizados por diversas ramas del sector industrial que lo utilizan indiscriminadamente como combustible. Adicionalmente, se debe reforzar las recomendaciones para inducir al ahorro de gas LP dentro de los sectores doméstico, comercial y de servicios; así como Pronunciar la necesidad de revisar las -

normas de fabricación de los aparatos domésticos e industriales, a fin de lograr ahorros en la combustión.

Se estima que las medidas antes descritas, especialmente las dos primeras, permitirán abatir en cerca de 8% el consumo total de gas LP en el país.

No obstante, contempladas esas medidas dentro del marco global de la distribución resulta que siendo satisfactorias no son suficientes

Las nuevas concepciones en torno al uso de energéticos exige su utilización más racional y el máximo aprovechamiento de los recursos de que se disponga en lo interno, por ello se hace necesario considerar las perspectivas relativas al abastecimiento de gas LP a mediano plazo.

Si se parte del año de 1974 y se utiliza alguno de los conceptos referidos en el transcurso de este estudio. El comportamiento histórico de la demanda de gas LP situaría el nivel requerido para 1974 a razón de 7,168 toneladas diarias, más sin embargo, si se lograra la reducción del 8% a través de las medidas restrictivas, el nuevo nivel de la demanda sería de 6,604 toneladas diarias aproximadamente.

Proyectando esta demanda corregida hasta el año de 1980 y relacionándola con la producción interna de gas LP que Petróleos Mexicanos prevé abastecer a las empresas distribuidoras y por diferencia se obtiene las importaciones requeridas, se tendrá el siguiente panorama (en toneladas por día):

Año	Demanda	Producción		Importaciones	
	Total	Interna		Totales	
	Abas.	Abas.	Incr. Anual %	Abas.	Incr. Anual %
1975	7,168	5,119	12.1	2,049	0.4
1976	7,778	5,313	3.8	2,465	20.3
1977	8,439	5,524	4.0	2,915	18.3
1978	9,156	5,610	1.6	3,546	21.7
1979	9,934	5,870	4.6	4,064	14.6
1980	10,779	6,147	4.7	4,632	14.0
Tasa prom. de Increm. anual %	8.5 =====	5.0 =====		14.5 =====	

De las cifras que se ha referido, se concluye que de darse en la realidad los sensibles incrementos esperados en la producción interna de gas LP. - de los años de 1974 y el próximo de 1975 para diseñar una nueva estrategia estructural para la distribución de gas en el país, por la cual se abata drásticamente el consumo de gas LP. Lo contrario significará agudizar los efectos derivados de la dependencia del exterior en esta materia y ésto suponiendo tener acceso a los tales mercados.

## B) SOLUCIONES A MEDIANO PLAZO

1.- Energía nuclear.- Las reservas conocidas de uranio alcanzarían para unos pocos años de operación de un reactor de 600 MW. del tipo comercial actual. Urge, pues, incrementar las exploraciones y desarrollar la tecnología de los reactores avanzados, cuyo rendimiento térmico es 100 veces mayor.

Dado el aumento de población y la escasez de recursos hidráulicos en gran parte del país, probablemente se requerirán métodos de desalinación nuclear para 1990, los que consumirán varias toneladas anuales de plutonio. Debería, por lo tanto, preverse la producción de tal material en los reactores iniciales.

Asimismo, parece interesante desarrollar la tecnología del hidrógeno, — que se requerirá en varias órdenes de magnitud más que su actual producción, tanto para producir amoniaco que fertilice las áreas necesarias, — como para usarlo como combustible en vez de los fósiles. Su producción — electrolítica generaría deuterio en cantidades suficientes para los — reactores convertidores avanzados y para los requerimientos de los reactores de fusión posteriores.

2.- Energía geotérmica.- Uno de los posibles medios de generación que — últimamente y en vista de la incipiente crisis energética, ha despertado un gran interés, es el que consiste en hacer uso de la energía almacenada en forma de calor por la propia tierra. Hasta ahora sólo ha sido posible llevar a cabo este tipo de desarrollos cuando han concurrido en — forma natural todos los factores que los hacen posible, es decir, existe el calor, el agua para producir vapor y concurren también las características físicas del terreno que permiten mantener sellada esta especie de caldera natural.

Se está intensificando la investigación tendiente al desarrollo geotérmico tanto en las condiciones señaladas de confluencia natural de los —

factores requeridos, como en lo que se refiere a la posibilidad de hacer concurrir alguno de los factores en forma artificial.

En el caso de México hasta ahora nuestras investigaciones se han orientado a descubrir los sitios en que dichos factores concurren en forma natural y al desarrollo tecnológico de las instalaciones que permiten su aprovechamiento. De hecho se tiene en el caso de Cerro Prieto la primera instalación de importancia en lo que se refiere a tamaño, cuyo funcionamiento permitirá conocer el comportamiento de los pozos geotérmicos, el de los equipos, y el de las instalaciones auxiliares; este conocimiento constituirá la información básica para el desarrollo tecnológico que permitirá lograr otros aprovechamientos geotérmicos en el futuro. Su situación actual no permite que se asigne a la geotermia una gran participación en el desarrollo general de los recursos energéticos para satisfacer las necesidades nacionales, sin embargo, conforme se vayan haciendo las investigaciones y se vayan obteniendo los frutos del desarrollo tecnológico, se hará posible asignarle un papel cada vez más importante ya que en principio, es una fuente de energía que por muchos conceptos seguirá siendo atractiva.

3.- Carbón.- A largo plazo, digamos de 10 a 15 años, se conceden amplias perspectivas a los procesos de gasificación de carbón para obtener el "gas natural sustituto" ó "sintético" y también a la licuefacción para obtener hidrocarburos, que complementen la oferta normal de derivados de petróleo. Sin embargo, justo es decirlo, aún en países como los Estados Unidos, se juzga que las tecnologías adecuadas, no estarán disponibles antes de que finalice la presente década. Pese a que la crisis de energía ha tenido por consecuencia que se intensifiquen los recursos destinados a investigación y a la tecnología de los procesos relacionados con el carbón, pero en la medida en que los yacimientos de hidrocarburos se vuelven más difíciles de encontrar y por ende más costosos, será necesario acudir al carbón para relevar lentamente la declinación de los de-

rivados del petróleo, sin que ésto signifique que llegará el momento en que el carbón sustituya completamente a los hidrocarburos.

A nivel mundial, se preve un rápido retorno a la utilización extensiva de los recursos carboníferos, especialmente en los países europeos y en Estados Unidos, pero es indudable que en este último país, se encontrarán serios obstáculos por las restricciones ambientales que entrarán en vigor en 1975 y que plantearán la necesidad de un abastecimiento adecuado de carbón con bajo contenido de azufre, no obstante, se estima que la tecnología resolverá finalmente los problemas ambientales que se susciten.

### C) SOLUCIONES A LARGO PLAZO

Como nuevas formas de generación, de energía, es inminente el advenimiento de los reactores nucleares de fisión, que en un futuro serán fuente de combustible para otros tipos de reactores más avanzados y a más largo plazo se tendrán reactores nucleares a base de fusión o colectores solares.

Complementando a estas fuentes, tendremos también posiblemente nuevas formas de transmisión a través del envío de combustibles y comburentes gaseosos como el hidrógeno y el oxígeno, producidos en centros de generación de energía por medio de electrólisis o descomposición térmica del agua de mar, previamente desalada en sus mismos centros y enviadas a presión por tuberías subterráneas cuyo costo sería más bajo que el de cables subterráneos de transmisión de electricidad. Estos fluidos prometen ser los combustibles ideales del futuro, pues al quemarse en el aire el hidrógeno sólo produce agua y cantidades mínimas de óxidos de nitrógeno, que no contaminan el ambiente; mientras que el oxígeno es un auxiliar ideal en la combustión. La tecnología aún no está a la altura de implementar estas técnicas, pero se está estudiando constantemente su factibilidad junto con toda una gama de alternativas de sistemas completos, usando turbinas de combustión con diversas mezclas de gases, pilas o celdas de combustible, técnicas de conversión directa de la energía térmica o química en electricidad, y muchas otras opciones que en forma aislada puedan no parecer atractivas, pero que combinadas entre si pueden dar alternativas de costo bajo.

Uno de los problemas principales de estos sistemas, es el de mantener una buena eficiencia a través de ellos o bien poder aprovechar el calor-residual producido a otros usos. Por ejemplo se han planeado centros completos de energía en las que las pérdidas son mínimas al ser integrados con centros de producción industriales y agrícolas.

En la siguiente gráfica se muestra el costo relativo esperado entre algunas de estas alternativas y se pueden apreciar que en un futuro va a ser difícil determinar la más adecuada.

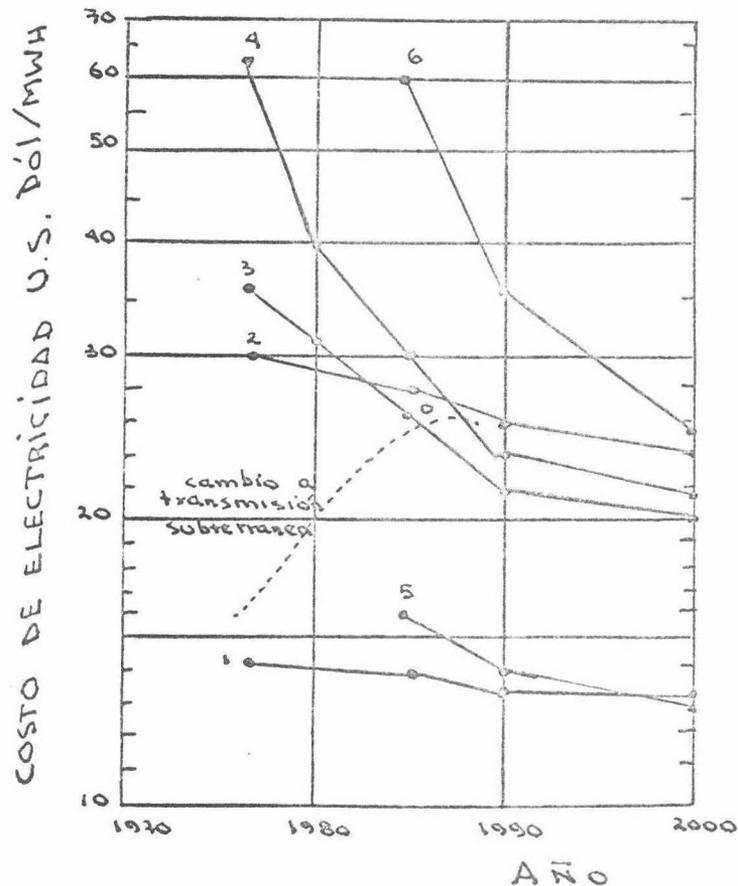
#### D) CONCLUSION FINAL

Un factor determinante para que todo esto se lleve a cabo, es el que nuestros centros de estudios y de investigación deben estar enfocados con la mayor atención a los problemas energéticos, ya que para la solución de ellos, la tecnología ofrece en el futuro una gran variedad de alternativas, por lo cual sería deseable, ante la inminencia de estos desarrollos, poder anticiparse a ellos y dar cabida en los centros de estudios a programas académicos adecuados para la preparación de especialistas en estos problemas.

Como ejemplo, pueden mencionarse algunas de las nuevas materias que se han ofrecido en forma experimental, aunque no oficialmente todavía, en la Maestría de Ciencias Nucleares de la Facultad de Química de la UNAM entre éstas sobresalen: "Fundamentos de Teoría de Transporte", "Elementos de Conversión Directa", "Economía de combustibles Nucleares", y otros que inician a los alumnos de postgrado en el terreno de los energéticos. En otras facultades igualmente se están impartiendo materias de esta naturaleza, así como en la maestría de la Ingeniería Nuclear del I.P.N., pero los programas académicos, deben planearse de tal forma de implantar una nueva carrera profesional.

Lo deseable sería poder coordinar estos esfuerzos aislados en investigación y educación por parte de los centros de estudio y universidades, con las instituciones gubernamentales más interesadas en estos problemas como podrán ser la Secretaría del Patrimonio Nacional, Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, Recursos Hidráulicos, etc. pa

# COSTO DE ELECTRICIDAD PARA DIVERSAS ALTERNATIVAS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS



- 1.- Sistema de Referencia - transmisión aérea
- 2.- Sistema de Referencia - transmisión subterránea
- 3.- Electrólisis - turbinas de combustión
- 4.- Electrólisis - celdas de combustible
- 5.- Descomp. termoquímica del  $H_2O$  - turbinas de combustión
- 6.- Colectores solares - Descomp. termoquímica del  $H_2O$  - celdas de combustible.

ra poder así apoyar la política energética nacional desde el punto de --  
vista educacional.

Finalmente, tomando en cuenta el aumento de población, la extensión de --  
las zonas áridas, la industrialización, el desconocimiento de las reser-  
vas reales y la magnitud de los presupuestos de las empresas de energía,  
puede decirse que el problema energético de México existe y que la solu-  
ción que se le dé, técnica y legislativamente, definirá si a largo plazo  
seremos autosuficientes en materia de energía.

VIII REFERENCIAS

## VIII REFERENCIAS

### A) LIBROS

- 1.- Análisis 73  
Condumex, S. A.  
México 1973.
- 2.- Direct Use of the Sun's Energy  
Farrington Daniels  
Yale 1964.
- 3.- Energy Conversion  
Chang S. L.  
1963
- 4.- Energy and the Future  
Allen L. Hammond  
American Association for the Advancement of Science 1973.
- 5.- El Mundo de la Energía Nuclear  
Alexander Efren  
Centro Regional de Ayuda Técnica 1971.
- 6.- Fuentes Electroquímicas de Corriente  
Enrique Villarreal D.  
1971.
- 7.- Introducción a los Recursos Mundiales  
Erich W. Zimmermann  
Oiros - Tau 1967
- 8.- La Crisis de la Energía  
Reed Millard  
Editores Asociados 1973
- 9.- Solar Cell and Photocell Experiments  
Seams  
1965

### B) ARTICULOS DE REVISTAS

- 1.- El Petróleo  
Petróleos Mexicanos 1974

- 2.- Energía Nuclear  
Revista de la Sociedad Química de México  
Vol. 17 No. 5  
Sept. - Oct. 1973.
- 3.- Energy Managment  
Hydrocarbon Processing  
July 1973.
- 4.- Energy Research and Development Committee  
on Interior and Insular Affairs  
U. S. Gout. Print Off. 1973.
- 5.- La Energía Geotérmica  
Comisión Nacional de los Estados Unidos Mexicanos  
para la UNESCO.  
Diciembre 1973.
- 6.- Una Nueva Era en la Utilización de la Energía Solar.  
Comisión Nacional de los Estados Unidos Mexicanos  
para la UNESCO  
Septiembre 1973.
- 7.- Understanding the National Energy Dilemma  
Joint Committee on Atomic Energy  
U. S. Gout. Print Off. 1973.

C) CONFERENCIAS

- 1.- La Energía Eléctrica en México  
Odón Debuen  
IMSS; México, D. F., Marzo 1974.
- 2.- Petróleo en México, D. F., Marzo 1974.
- 3.- El Gas en México.  
Carlos Habre del Rivero  
IMSS; México, D. F., Marzo 1974.
- 4.- Energía Nuclear  
Fernando Alva Andrade  
IMSS: México, D. F., Marzo 1974.
- 5.- El Carbón  
Jorge Leipen Garay  
IMSS; México, D. F., Marzo 1974