

2ej. 69



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ECONOMIA

**CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA LA
PRODUCCION DE ENERGIA NUCLEAR EN MEXICO.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

LICENCIADO EN ECONOMIA

P r e s e n t a :

SALVADOR DORANTES MARMOLEJO

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION
 - 1.1. OBJETIVO.
 - 1.2. METODOLOGIA.
 - 1.3. CONSIDERACIONES GENERALES.

2. EL PROBLEMA ENERGETICO
 - 2.1. LA IMPORTANCIA DE LA ENERGIA PARA EL -
DESARROLLO ECONOMICO.
 - 2.2. DEFINICION DE ENERGIA.
 - 2.3. FUENTES DE PRODUCCION DE ENERGIA.
 - 2.4. TIPOS DE PRODUCCION DE ENERGIA.
 - 2.4.1. HIDROCARBUROS.
 - 2.4.2. ENERGIA HIDRAULICA.
 - 2.4.3. ENERGIA NUCLEAR.
 - 2.4.4. CARBON.
 - 2.4.5. GEOTERMICA.
 - 2.4.6. SOLAR.
 - 2.4.7. OTRAS.

3. OBJETIVOS Y METAS PARA EL SECTOR NUCLEAR EN FUNCION DE LAS PREVISIONES DE LA PLANEACION Y PROGRAMACION NACIONAL.
- 3.1. IDENTIFICACION DE LOS OBJETIVOS Y METAS PARA EL SECTOR NUCLEAR DENTRO DEL PLAN GLOBAL DE DESARROLLO.
- 3.2. INTERRELACION ENTRE EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL, EL PLAN ENERGETICO Y EL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL.
- 3.3. PROYECCIONES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO PARA EL PERIODO DE 1982 AL AÑO 2000.
- 3.4. OFERTA ESPERADA DE PRODUCCION DE ENERGIA DE ORIGEN NUCLEAR PARA 1982 HASTA EL AÑO 2000.
4. ELEMENTOS PARA EL ANALISIS DE PROYECTOS DE INSTALACION DE PLANTAS NUCLEARES PARA PRODUCCION DE ENERGIA.
- 4.1. CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS.
 - 4.1.1. CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA PLANTA.
 - 4.1.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA.
 - 4.1.3. SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA.
 - 4.1.3.1. URANIO ENRIQUECIDO.
 - 4.1.3.2. URANIO NATURAL Y AGUA PESADA.

- 4.1.4. CAPACITACION Y ADIESTRAMIENTO DE PERSONAL.
- 4.1.4.1. NECESIDAD DE FORMACION DE RECURSOS HUMANOS PARA EL SECTOR NUCLEOELECTRICO.
- 4.1.4.2. LA FORMACION DE RECURSOS HUMANOS DE ACUERDO A LAS PROPUESTAS DE AECL, ASEA-ATOM y SOFRATOME.
- 4.1.5. COSTOS Y LINEAMIENTOS ECONOMICOS.
- 4.1.6. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA.
- 4.1.7. INTEGRACION Y PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL.
- 4.1.8. SEGURIDAD NUCLEAR Y GARANTIA DE CALIDAD.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE CUADROS.

1. PRODUCTO BRUTO INTERNO.
2. PARTICIPACION PROYECTADA DEL PETROLEO EN LA ESTRUCTURA DE EXPORTACIONES DE MEXICO DE ACUERDO CON LA TRAYECTORIA BASE DEL PLAN NACIONAL DE - DESARROLLO INDUSTRIAL.
3. CUADRO COMPARATIVO DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL PARA LAS RAMAS; PETROLEO Y PETRO--QUIMICA; MANUFACTURAS Y ELECTRICIDAD.
4. CUADRO COMPARATIVO DE LA PARTICIPACION ESPERADA EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO PARA LAS RAMAS ECONOMICAS PETROLEO Y PETRO-QUIMICA; MANUFACTURAS Y ELECTRICIDAD.
5. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA REMUNERADA POR SECTORES.
6. PARTICIPACION DE PEMEX Y CFE EN LA INVERSION - EN FORMACION BRUTA DE CAPITAL FIJO.
7. CUADRO COMPARATIVO DE LA PARTICIPACION ESPERADA DE LAS RAMAS PETROLEO - PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD EN LA FORMACION BRUTA DE CAPITAL FIJO DE LAS EMPRESAS PUBLICAS.
8. CUADRO COMPARATIVO DE LAS PROYECCIONES DE LA - CAPACIDAD DE PRODUCCION UTILIZADO POR LAS RA--MAS PETROLEO-PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD.
9. CUADRO COMPARATIVO DE LAS PROYECCIONES DE LA - POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA REMUNERADA DE--LAS RAMAS PETROLEO-PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD.

10. CUADRO COMPARATIVO DEL NUMERO DE EMPLEOS QUE --
SE REQUERIRA CREAR ANUALMENTE EN LAS RAMAS DE--
PETROLEO-PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD.
11. BALANCE ESTIMADO DE FUENTES PRIMARIAS PARA -- --
1990.
12. DEMANDA NACIONAL DE ENERGETICOS POR SECTORES --
CONSUMIDORES.
13. CONSUMO NACIONAL ESTIMADO DE COMBUSTIBLES DO--
MESTICOS VEGETALES. 1960-1970-1982.
14. ESTRUCTURA Y EVOLUCION DE LA OFERTA NACIONAL --
DE HIDROCARBUROS. 1960-1972.
15. ESTRUCTURA DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN PLAN--
TAS.
16. DISTRIBUCION DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN --
1962.
17. DISTRIBUCION DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN --
1979.
18. INDICES DE OPERACION.
19. CAPACIDAD INSTALADA POR HABITANTE.
20. CAPACIDAD INSTALADA.
21. ESTIMACION DE LA NECESIDAD DE GENERACION DE --
ENERGIA ELECTRICA POR ORIGEN DE LA FUENTE -- --
1980-2000.
22. ESTIMACION DE LA CAPACIDAD A INSTALAR PARA -- --
ATENDER EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENER--
GIA ELECTRICA. 1980-2000.
23. PROGRAMA DE EXPANSION DE ENERGIA.

24. DEMANDA NACIONAL DE ENERGETIVOS POR SECTORES - CONSUMIDORES.
25. CANDU: REACTORES DE POTENCIA EN OPERACION, EN-CONSTRUCCION O EN PROYECTO.
26. CONSUMO ESTIMADO DE URANIO EN MEXICO.
27. PRODUCCION ESPERADA DE URANIO EN MEXICO.
28. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE URANIO EN MEXICO.
29. DATOS PARA CALCULAR EL COSTO DEL CICLO DE COM-BUSTIBLE. CANDU.
30. DATOS PARA CALCULAR EL COSTO DEL CICLO DE COM-BUSTIBLE. PWR.
31. DATOS PARA CALCULAR EL COSTO DEL CICLO DE COM-BUSTIBLE. BWR.

INDICE DE FIGURAS

1. BALANCE ENERGETIVO 1972.
2. POBLACION NACIONAL QUE CONSUME COMBUSTIBLES VE
GETALES.
3. CAPACIDAD INSTALADA.
4. BALANCE ENERGETICO DE MEXICO PARA 1975 Y 2000.
5. IMPACTO DEL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO EN EL BA-
LANCE ENERGETICO DEL AÑO 2000.
6. ESTRUCTURA ESQUEMATICA DE UN REACTOR DE FISION
NUCLEAR.
7. REACTOR DE AGUA A PRESION PWR.
8. REACTOR DE AGUA EN EBULLICION BWR.
9. REACTOR MAGNOX.
10. RESERVAS PROBADAS DE URANIO.
11. LOCALIZACION DE YACIMIENTOS URANIREROS EN MEXIL
CO.
12. BALANCE OFERTA-DEMANDA ACUMULADA DE URANIO.

1. INTRODUCCION

INTRODUCCION

Durante 1980 se presentó la oportunidad de colaborar en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, y por primera vez en mi vida profesional me enfrentaba al reto de incursionar en un campo - donde la interdisciplina es condición indispensable para poder llegar a resultados concretos. Trabajar junto a físicos teóricos, químicos nucleares, doctores en medicina nuclear, agrónomos, expertos en computación, biólogos, ingenieros en todas las ramas, sociólogos, economistas, internacionalistas, abogados, etc., es una experiencia increíble, sobre todo cuando los enfoques propios de cada disciplina convergen en un sólo planteamiento común: ¿Cómo sacar a este país, en el que todos creemos y por el que todos luchamos, de la situación de subdesarrollo económico y social, científico y tecnológico en que se encuentra?

Vale la pena recordar aquellas clases en las que el Lic. Guillermo Ramírez Hernández, maestro de la Escuela Nacional de Economía, se preguntaba - ¿realmente queremos los mexicanos ser desarrollados? ¿aspiramos a formar parte de una verdadera sociedad de consumo con todo y los altos niveles de ingreso y de capacidad de compra que hay en los llamados países del primer mundo?, ¿le hemos preguntado alguna vez a una persona que forme parte de las llamadas comunidades indígenas si desea cambiar, olvidar sus costumbres, sus tradiciones y convertirse en un próspero hombre o mujer de la ciudad "moderna y civilizada"?; pues bien, valdría la pena -

tratando de imitar al inolvidable maestro Ramírez, - hacerse unas cuantas preguntas en relación con la - producción de energía:

- ¿para qué?.
- ¿para quién?.
- ¿con qué recursos?.
- ¿cuánto producir?.
- ¿cuándo producirla?.

Tratando de dar afrontar estas interrogantes, - observamos que el hombre, a través de su historia - ha realizado esfuerzos extraordinarios en la búsqueda y el control de la energía.

Durante muchos años se utilizó la leña y el - carbón para satisfacer las necesidades de las comunidades primitivas, las cuales se concretaban a la preparación de alimentos y a la utilización del fuego para calentar sus cuerpos y vencer las inclemencias del tiempo.

Sin embargo, el hombre, por medio de su ingenio fué descubriendo cada día mejores formas de utilizar la energía, fundamentalmente en el campo de - la producción de los bienes y servicios satisfactorios de sus necesidades materiales.

Sin el desarrollo de la energía no se hubiera llevado a cabo la Revolución Industrial, ni todo el desarrollo científico y tecnológico subsecuente hasta llegar a la era de la automatización y el átomo. Por supuesto que no se podrían concebir las grandes concentraciones urbanas y las economías que generan

sin la participación de la energía, tampoco se podrían concebir las economías de mercado y las prácticas de producción en serie y de expansión de los mercados. Los programas de electrificación de base nacional han constituido la plataforma de despegue económico para el desarrollo de los países centralmente planificados.

Hasta aquí la primera interrogante, producir energía como insumo básico para cualquier intento serio de industrialización sobre base nacional, bien sea para sostener las tasas del crecimiento del producto de los países desarrollados o para sacar del bache económico a los subdesarrollados.

El segundo problema, ¿para quién producir energía?, esto depende de las condiciones históricas de cada país, del modelo de producción imperante y de la forma de organización política y social que democrática o impositivamente practiquen. Por supuesto que, sería altamente deseable que la energía disponible en el mundo en términos de kilocalorías debería estar mejor distribuida, sin embargo, este deseo no podrá ser realidad en la medida que las fuentes productoras de energía estén inequitativamente distribuidas y controladas por los grandes monopolios transnacionales, poseedores del conocimiento científico y tecnológico y de los grandes recursos de capital que se requieren para generar las infraestructuras industriales necesarias.

Tener energía significa tener capital, no sólo el recurso natural, que en última instancia de no tenerlo se puede obtener en otras partes a través del mecanismo de importación, sino lo más importante, contar con los recursos financieros y el capi-

tal humano indispensable para ejecutar cualquier programa nacional de energía.

En cuanto al recurso financiero, México se encuentra actualmente en la difícil situación de contar con los recursos provenientes del petróleo y sus derivados y con la necesidad de plantear, dentro de un esquema coherente de planeación y programación, sus inversiones para el desarrollo. ¿En qué invertir cuando se tienen recursos, pero no se tiene la suficiente infraestructura para la producción de bienes de capital y de consumo básico?. Una de las alternativas sería utilizar racionalmente los hidrocarburos, por desgracia no renovables, y destinarlos a la producción de bienes con un mayor contenido de valor agregado.

¿Cuánto producir?, conociendo el recurso financiero esta interrogante no representa sino un problema técnico que será fácilmente resuelto a través de una adecuada estrategia de producción y de la correcta evaluación de las alternativas que se presentan.

¿Cuándo arrancar un proyecto de producción de energía?, sobre todo el es de las características y la magnitud del que plantea el Gobierno de México. - Cómo lograr en el mediano y largo plazo ser autosuficientes, e inclusive por qué no exportadores de tecnología, sin caer en el terreno de la dependencia de las superpotencias, y cómo determinar cuándo y en qué dirección redoblar los esfuerzos en materia de inversión. Este es el dilema que se presenta a los actuales niveles de decisión, mismos que determinan la política industrial y energética de este país.

Como se mencionaba líneas atrás, sin el recurso humano capacitado sería imposible emprender cualquier empresa e intento de industrialización y así, México se encuentra otra vez, igual que cuando inició su independencia en materia petrolera, queriendo iniciar un ambicioso programa de energía, sin haber previsto la formación de recursos humanos suficientes, los cuales debieron empezar a formarse desde el momento mismo en que se creó conciencia de que los energéticos son la base de un desarrollo industrial nacional e independiente.

Esto no quiere decir que no haya recursos humanos capacitados, sino que no los hay en la cantidad suficiente, ni con la orientación adecuada hacia los requerimientos de calidad que exige el proyecto para impulsar y diversificar el sector energético del país.

Otro aspecto, determinante para la definición del período de arranque y de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto nacional de energía, es la capacidad de la industria nacional para atender la demanda derivada del mismo, en materia de insumos básicos para la producción de energía. Ambos aspectos (capacidad de la industria local y disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados) constituyen el cuello de botella de un problema complejo que también implica una gran responsabilidad para el gobierno federal, que es la de tomar la mejor decisión dentro de un abanico de alternativas de inversión, considerando que muchas de estas decisiones debieron ser tomadas hace seis o doce años.

1.1. OBJETIVO

El principal objetivo de este estudio consiste en determinar algunos criterios que permitan orientar el análisis económico para la toma de decisiones en materia de instalación de plantas nucleares, no como propuesta concreta, sino como un ejercicio de investigación que cumpla con dos propósitos fundamentales:

1. Dar a los posibles lectores de esta tesis, una visión general, sin excesos teóricos y sin argumentaciones sofisticadas, de las perspectivas que se presentan para el sector nucleoelectrico nacional.
2. Demostrar ante el jurado de examen profesional que se tiene algún dominio sobre el tema y que se ejercitaron algunas de las enseñanzas que se obtuvieron primero como estudiante de economía y luego a través del ejercicio de la profesión en calidad de pasante.

Dentro de este ejercicio de investigación, se pretende demostrar, aunque de hecho ya se justifica, la necesidad de que exista una política nuclear nacional por las siguientes razones:

1. No es conveniente para el país basar su desarrollo exclusivamente en los recursos provenientes del petróleo.
2. La alternativa nuclear es la más conveniente en el mediano plazo (1982-2000), independientemente de que se experimenten otras tecnologías más avanzadas, más económicas y más seguras como lo serán la energía solar, la eólica, la geotérmica.

ca y la propia nuclear a base de reactores rápidos de cría, con capacidad para reprocesar el uranio y el plutonio indefinidamente.

3. Una planta nuclear se asemeja en un 85% a cualquier fábrica convencional, es decir, emplea miles de kilómetros de tuberías, válvulas, equipos de medición, cables, bombas, vasijas de presión, compresores, tanques, filtros, ventiladores, motores y convertidores, generadores, transformadores, etc. Todos estos componentes al ser producidos en parte por la industria mexicana, a través de programas especiales de fabricación, generarían fuentes de empleo y surgirían paralelamente programas de capacitación para obreros y empleados que permitirían alcanzar niveles óptimos desde el punto de vista tecnológico y de los resultados de la producción en términos de calidad del producto, dado que el sector nuclear requiere las normas de seguridad y salvaguardas que exige el organismo internacional de Energía Atómica y los gobiernos de los países a través de sus respectivos organismos oficiales de control. La "Garantía de Calidad" que se exige a cada uno de los componentes de un reactor nuclear le daría a las empresas la posibilidad de alcanzar mayores estándares en la calidad de sus productos lo cual posteriormente se vería reflejado en una mejor posición en el mercado manufacturero.
4. En lo que se refiere a la denominada "isla nuclear" que representa el otro 15% de una planta y que es la parte central del complejo, constituida por el reactor mismo y que contiene la

tecnología sofisticada y difícil de captar y controlar, misma que con una adecuada estrategia y aprovechando la capacidad de negociación internacional que da el petróleo puede ser absorbida a través del proceso de transferencia de tecnología.

5. Lo mismo podría decirse para el ciclo de combustible, independientemente de que se opte por cualquiera de las tecnologías disponibles en el mercado, ya que en un período relativamente corto, México estaría en posibilidad de producir parte de sus propios combustibles nucleares y dejar de depender de los países poseedores de dicha tecnología.
6. En términos de transferencia de tecnología, los beneficios serían extremadamente grandes, si México sabe negociar los contratos de transferencia de tecnología y gana la posibilidad de que la industria mexicana pueda integrarse en un mayor porcentaje y en el menor tiempo posible, en cuanto al proceso de diseño, construcción, operación y control de las plantas nucleares que se instalen en un futuro. Las áreas más importantes de investigación y desarrollo que serían beneficiadas serían: ingeniería y diseño del proyecto, administración del proyecto, física del reactor, transferencia de calor y flujo de fluidos, análisis de sistemas, tecnología de materiales, química, física de la salud, análisis ambiental administración de diseños, mecánica, combustibles, instrumentación y control.
7. Cuando la energía nuclear haya cumplido su período de maduración y surjan otras alternativas

más económicas de generar electricidad, la experiencia que se habrá adquirido en materia de investigación y desarrollo, y en capacitación industrial, permitirá adaptarse rápidamente a la nueva tecnología y la parte correspondiente a reactores podrá dedicarse a otras utilidades no energéticas muy en boga en la actualidad, como son: esterilización industrial, irradiación de alimentos, fertilización de cultivos, medicina nuclear, enseñanza, etc.

Por lo anterior, no se considera que las inversiones que se hicieran ahora y durante la siguiente década fueran improductivas, por el contrario, en los treinta o cuarenta años de vida que tuvieran alcanzarían a amortizarse en términos de su vida útil y todavía alcanzarían a tener un valor de desecho en función de las otras utilidades de las que se ha hablado anteriormente.

Para este caso se plantea, a corto y mediano plazo la satisfacción de una demanda de energía eléctrica por medios nucleares, misma que sólo puede realizarse a través de dos alternativas:

ALTERNATIVA I

Comprar totalmente las plantas nucleoelectricas ya disponibles comercialmente, bajo el mecanismo de "llave en mano", a los países avanzados que las ofrecen. Este camino tiene la ventaja de que la demanda de energía eléctrica podría satisfacerse a tiempo, pero resultaría muy costosa, además de que no se desarrollaría la infraestructura humana, industrial, y de materiales, etc., generándose una

gran dependencia del país proveedor de dichas plantas.

ALTERNATIVA II

Comprar plantas nucleares a través de la suscripción de contratos de transferencia de tecnología lo más amplios posibles, tendientes a lograr que conforme aumente el número de plantas, la participación extranjera disminuya y aumente la nacional. Al mismo tiempo, debe darse un esfuerzo nacional en la ingeniería básica y de diseño en la construcción de reactores nucleares, en la medida que se puedan formar los recursos humanos necesarios para la más rápida y completa absorción de la tecnología.

1.2. METODOLOGIA

Debido a la falta de tradición en investigación nuclear en México y de experiencia en materia de instalación de plantas nucleares, se optó por utilizar dos métodos de análisis. Para los capítulos 2 y 3, donde se plantean las definiciones de energía, la clasificación de ésta por fuentes de origen, su importancia dentro del desarrollo económico y las características de la política energética del gobierno sustentadas en los Planes Global de Desarrollo y Nacional de Desarrollo Industrial, así como, en el Programa de Energía, se utilizó un método de análisis histórico en base a la revisión de los diversos documentos y fuentes bibliográficas disponibles.

En lo que respecta al capítulo 4, se utilizó un método de análisis comparativo a través del cual

se pretende identificar los principales indicadores que deben utilizarse para el análisis de proyectos de instalación de plantas nucleares para la producción de energía eléctrica. Se procedió a la revisión de las diferentes opciones tecnológicas que se pueden utilizar en México. Las principales alternativas que se tomaron en cuenta para las comparaciones fueron las ofertas hechas a la Comisión Federal de Electricidad por las siguientes empresas extranjeras:

Atomic Energy of Canada Limited (AECL); empresa estatal de Canadá, encargada del desarrollo nuclear de ese país. Esta empresa es la que desarrolló el reactor CANDU que opera con uranio natural.

Asea Atom A.B.; empresa sueca de participación estatal (50%) que desarrolló uno de los diseños del reactor de agua hirviente, que opera a base de uranio enriquecido (BWR).

Société Française D'Etudes et de Realisations Nucleaires (SOFRATOME); empresa estatal de Francia, encargada del diseño y construcción de reactores nucleares en ese país. Esta empresa diseña y construye, bajo licencia de Westinghouse de los Estados Unidos, reactores de agua a presión que operan con uranio enriquecido (PWR).

1.3. CONSIDERACIONES GENERALES

Uno de los objetivos específicos del programa de energía es la búsqueda de una diversificación de las fuentes de abastecimiento, con la finalidad de evitar un aumento en la dependencia de los hidrocar

buros. En el marco tecnológico actual, las mayores oportunidades de diversificación se presentan en la generación de electricidad.

Para el año 2000, la capacidad eléctrica instalada del país deberá ser cuando menos diez veces mayor que la actual. Si alguna comparación puede hacerse, esto significará lograr en 20 años, diez veces lo que se construyó en los últimos 80 años.

Para hacer frente a tales requerimientos, el sector eléctrico tiene en diferentes etapas de desarrollo, diversos proyectos que permitirán contar con una capacidad de generación del orden de los 550,000 millones de KWh para finales del siglo. Con base en la política de diversificar las fuentes primarias de energía, el plan de expansión del sector eléctrico establece que de la capacidad total por instalar en las próximas dos décadas, sólo el 45% será a base de hidrocarburos, mientras que las nucleares aportarán el 22%, las hidroeléctricas el 17%, las carboeléctricas el 15% y las geotérmicas el 1% restante.

Paralelamente al aprovechamiento de todos los recursos utilizables, en el futuro inmediato se debe asignar una mayor importancia al uso de la energía nuclear, para satisfacer los requerimientos en el mediano y largo plazo. En cuanto a las reservas de uranio, se puede señalar que las estimaciones que se han realizado hasta la fecha, han colocado a México entre los principales países que cuentan con volúmenes importantes de este mineral,

La Comisión Federal de Electricidad está realizando estudios a fin de definir programas nucleo-

eléctricos alternativos, entre los que se podrá elegir el más conveniente para garantizar la incorporación de esta tecnología en el suministro futuro. - Ahora bien, aunque se dispone de suficientes cantidades de uranio, es necesaria su preparación para que se obtenga con la calidad adecuada, en las cantidades requeridas y con la oportunidad deseada.

Con la entrada en operación en 1983 y 1984 de los reactores de la central nucleoelectrica de Laguna Verde, Ver. (de 1,300 MW), se hace urgente la puesta en marcha de proyectos que surtan las 240 toneladas anuales de uranio (como U₃O₈) que demandará dicha central.

Desde luego que este proyecto no será el único. La CFE tiene planeado arrancar otra central nucleoelectrica similar a la de Laguna Verde, con lo que se alcanzará una capacidad de 2,500 MW. Además el Programa de Energía se propone instalar antes de que finalice el siglo, 20,000 MW de capacidad nuclear en sitios y con tecnologías que se comenzarán a estudiar a partir de 1982.

Ante la magnitud de este programa, se hace indispensable un total aprovechamiento de los recursos uraníferos del país. Los yacimientos naturales, la recuperación a partir de roca fosfórica de baja concentración y la recuperación en los procesos de fabricación de fertilizantes.

En este último aspecto, FERTIMEX ha contemplado la posibilidad de instalar, junto a sus nuevas plantas de ácido fosfórico, unidades de recuperación de uranio. Tal podría ser el caso del Complejo Industrial de Fertilizantes que actualmente se construye en Cd. Lázaro Cárdenas, Mich.

2. EL PROBLEMA ENERGETICO

2.1. LA IMPORTANCIA DE LA ENERGIA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO

Desde que el hombre existe, la energía ha constituido un factor muy importante para la transformación de los objetos que existen libremente en la naturaleza en objetos útiles para la satisfacción de las necesidades fundamentales de la humanidad.

En las sociedades agrícolas primitivas la principal fuente energética era la de la fuerza animal y la del hombre mismo. Posteriormente con la aparición de la propiedad privada, de la división de la sociedad en clases sociales y la instauración del modo de producción esclavista, la clase dominante abusó de las dos principales fuentes de energía - aplicadas a la producción: la energía animal y la energía humana o fuerza de trabajo.

En alguna forma, el ingenio de la humanidad la llevó a buscar siempre nuevas formas de hacer las cosas y si bien es cierto, como apuntó Carlos Marx, lo que va a diferenciar una época de otra es el modo en que se realiza la producción o sea el como se hacen las cosas, el tipo de medios de trabajo que se usa, también, es muy cierto que la forma como se combina la energía con las condiciones materiales de la producción va a permitir al hombre establecer un equilibrio entre medios (satisfactores) y fines (necesidades y demandas) en un sentido económico.

De acuerdo con lo anterior, no se puede hablar de producción si no está implícita la variable tecnológica, y dentro de ésta la utilización de algún-

tipo de energía que lleve a la transformación de la materia.

Así, cuando el hombre libera su fuerza de trabajo y como resultado de un proceso dialéctico cambia el modo de producción esclavista a otro menos rígido permite el desarrollo de las relaciones de producción, distribución, intercambio, y consumo.

A medida que se fueron desarrollando las fuerzas productivas, entendidas como el resultado de la combinación de las relaciones sociales y de las relaciones técnicas de producción, la participación de la energía en el desarrollo de las mismas fué siendo cada vez más importante.

La mejor combinación de los instrumentos o herramientas auxiliares en los procesos de producción con la disponibilidad de energía animal y humana permitió ir incrementando la productividad de esos procesos.

En un principio la transformación de los medios técnicos de producción se dió en forma aislada en algunos de los procesos de producción y muchas veces descubrimientos científicos y tecnológicos aparecidos en una época fueron explotados comercialmente mucho tiempo después, es decir, cuando fueron rentables y demandados por el mercado de los consumidores.

El papel de los adelantos tecnológicos y su preponderancia en la producción no fué valorada hasta los inicios de la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX.

A partir de la política de industrialización -

implementada por todos los países del mundo capitalista (a raíz de la Revolución Industrial) y por el mundo socialista a consecuencia de su revolución para el cambio social y estructural, la energía se constituyó en factor clave para el desarrollo de la manufactura y el sector industrial avanzado, en tal forma que la producción de mercancías y servicios empezó a expandirse en aquellos países donde contaron con los recursos económicos, científicos, culturales y humanos suficientes para proveerse de fuentes energéticas que mantuvieran la estructura industrial en actividad.

En este sentido, el Lic. Antonio Rojas García, señala "solo las máquinas modernas, resultantes de fabricaciones en serie y los materiales imperecederos de origen metálico, han hecho posible el rápido incremento de la producción, lo que permitió la industrialización acelerada y el rápido incremento de la producción más arriba que los incrementos de la población, dando así al desarrollo económico su aspecto social de poner al alcance del hombre cada vez mayores comodidades y hacerlas más accesibles a la generalidad de la humanidad".^{1/}

En las primeras etapas del desarrollo industrial, la tecnología, entendida como el conocimiento científico aplicado a procesos de producción de bienes económicos, seguía dependiendo de las habilid

^{1/} Rojas García Antonio. Tecnología para Economistas. Ed. Bufete de Economía Industrial. México - 1960.

dades y destrezas de los llamados trabajadores directos, a niveles muchas veces inclusive artesanales, pero a medida que la máquina se mejoraba la energía humana se iba sustituyendo por la energía inanimada, es decir, la fuerza muscular por la fuerza mecánica.

La producción al volverse más mecanizada se fué enfrentando a nuevos problemas, se requería de una compleja división del trabajo, la cual conllevaba un mayor grado de especialización del trabajador y su medio de trabajo y entre el proceso de trabajo global. Por otra parte, se enfrentó la clase trabajadora a un cada vez mayor proceso de socialización el que implicaba adquirir una mayor conciencia de clase y asumir una actitud antagónica hacia los dueños de los medios de producción. En lo referente al mercado, éste sufrió grandes desequilibrios al presentarse las primeras crisis de producción paralelas a la aparición del capitalismo industrial. Surge así el concepto de fabricación en serie y a gran escala, el método industrial avanzado va ganando cada vez más terreno a las manufacturas, el proceso de producción global deja de depender de la habilidad o destreza de un solo trabajador. Nacen las grandes empresas y se constituyen grupos monopolísticos que llegan a extenderse a niveles transnacionales.

La estructura de los costos de las grandes empresas monopolísticas de la época de los orígenes del capitalismo se va a ver ampliamente afectada por el costo de los energéticos necesarios para la producción, esto naturalmente repercute en las políticas de salarios y en el nivel general de precios.

Por lo tanto, el desarrollo industrial de un país va a depender fundamentalmente de su capacidad económica por una parte, y por otra, de la disponibilidad de recursos naturales proveedores de materias primas y de fuentes energéticas; de tecnología (con su porcentaje de ciencia correspondiente), y de recursos humanos capacitados para el trabajo industrial (desde la ingeniería del proyecto para la construcción de una planta hasta la comercialización de los productos terminados).

Al proceso de industrialización tuvieron que seguir paralelamente otro tipo de fenómenos como la concentración de la actividad económica; el desarrollo de ciudades industriales; la expansión de los mercados de las materias primas; demandas derivadas de bienes y servicios fundamentales como la alimentación, la vivienda, la salud, y bienes de capital como las herramientas, el equipo, la maquinaria, los terrenos. Es obvio que todo este proceso repercutió también en los mercados financieros.

Como lo señala Antonio Rojas García los grandes incrementos de producción resultado de la Revolución Industrial pueden caracterizarse por tres aspectos fundamentales:

1. La aparición de la máquina como sustitutiva de la habilidad humana.
2. La aceleración e intensificación de sus productos para el uso de la fuerza mecánica.
3. La creación de nuevos bienes y servicios que han formado crecientes necesidades, todo lo cual ha traído aparejado un incremen-

to notable del producto social per-cápita, - aún teniendo en cuenta los enormes desperdi- cios que la falta de planeación capitalista comparte y las pérdidas que las crisis ori- ginan.

Asimismo Rojas García nos señala en su libro - sobre Tecnología para Economistas, que la tecnolo- gía es la ciencia de las artes industriales, tanto- lo que el hombre realiza con sus manos o con los - instrumentos o máquinas que ha inventado. Dentro- de este concepto de transformar los recursos natura- les por medio de la tecnología, "el hombre necesita aplicar a ello la fuerza de que dispone o puede dis- poner en cualquier momento; esas fuerzas son la ba- se vital del nacimiento de la tecnología y pueden - reducirse a cuatro clases: intelectuales, físicas, - químicas y orgánicas".

Por otra parte, nos dice Macedonio Barrera - - Ríos ^{2/}, que anteriormente a la Revolución Indus- - trial, el agente de desarrollo económico estaba re- presentado por el comerciante, para quien la inver- sión más lucrativa consistía en ampliar sus merca- dos sin preocuparse mayormente por los problemas de la producción.

Pero más adelante, el enriquecimiento y fortalecimiento de los grandes comerciantes y empresas - mercantiles, así como la amplitud de sus mercados, -

^{2/} Barrera Ríos Macedonio. Industrialización y desa- rrollo económico. El caso de México. Tesis profe- sional ENE-UNAM, 1968,

dió lugar al surgimiento de un nuevo talento empresarial y a la canalización de importantes recursos de capital, tanto en la actividad manufacturera como en la actividad agrícola.

Aquí la energía mecánica empieza a cobrar mucha importancia como factor fundamental de la producción, cuando se pasa a un estadio artesanal de producción (asociado estrechamente con el medio rural), al trabajo en pequeños talleres, donde se reunía a un grupo importante de artesanos a los cuales se les proporcionaba materia prima, energía mecánica, un lugar de trabajo y una organización de ventas.

La modificación en las relaciones sociales de producción, provocó innovaciones tecnológicas que permitieron un mayor desarrollo de las manufacturas y un gran avance de la ciencia aplicada a los principios técnicos de producción.

Así la aplicación de la máquina de vapor (fuente energética primaria) y del metal al transporte ferroviario y marítimo, significó un estímulo considerable a la minería del carbón (fuente energética primaria) y a la industria metalúrgica.

Por lo anterior, deducimos que la energía mecánica, basada en la utilización del vapor y del carbón, constituyó por un lado, un factor clave para revolucionar los métodos de producción y por el otro, permitió revolucionar los sistemas de transportación que constituyeran el único freno al desarrollo y expansión de los grandes consorcios comerciales de la época y del intercambio comercial a gran-

escala entre naciones cercanas y distantes. Es decir, la aplicación de la energía a la producción tuvo dos efectos directos:

Primero.- Incremento de la productividad en los propios procesos de producción.

Segundo.- Mejoramiento en el proceso de distribución en términos de intercambio comercial, que permitió ampliar y mejorar el comercio internacional.

Ampliando más aún esta idea, Macedonio Barrera nos dice que la Revolución Industrial, desde un punto de vista tecnológico significó un aumento considerable de la ciencia en todos sus frentes, así como la aplicación de los principios científicos a las técnicas de producción; siendo posible construir bienes de producción que podían mantener un largo período de producción de nuevos bienes, con lo que se reduce en forma considerable la tasa de depreciación de bienes de capital.

La utilización de la energía inanimada especialmente la proporcionada por el vapor, permitió que el esfuerzo humano no se desperdiciara en producir energía, sino que se dedicara íntegramente a la producción de bienes y servicios.

Dando un gran salto en la historia, y refiriéndonos al caso de México, la búsqueda por parte de los países colonialistas de nuevas fuentes de materias primas y de consumidores para sus manufacturas, dió como resultado que estos invirtieran en sectores clave como ferrocarriles, puertos, energía eléctrica, explotación de minas, establecimientos bancarios, transportes y casas comerciales.

"El criterio para rechazar los capitales extranjeros no se mantuvo inquebrantable durante todo el siglo pasado. Cuando llegó al poder el General Díaz y se inició una presión diplomática y política, el país tuvo que abrir sus puertas a los inversionistas extranjeros y con base en estos recursos se inició el proceso de expansión económica con la construcción de ferrocarriles, el acondicionamiento de los puertos, la explotación de las minas, y en fin, mediante el establecimiento de empresas cuyos capitales estaban aportados por extranjeros 3/

México entró así en una etapa de penetración de capitales extranjeros correspondiendo a un modelo de desarrollo industrial expansionista que se estaba llevando a cabo en ese momento en los principales países europeos y en los Estados Unidos.

Surgió así un conflicto de intereses entre los inversionistas extranjeros, principalmente ingleses y norteamericanos, quienes se disputaban por todos los medios políticos y económicos a su alcance, el mayor número de concesiones para explotar los recursos mineros y petrolíferos del país.

"Conforme las estadísticas norteamericanas, México fué durante el siglo XIX, el país que absorbió el más alto porcentaje de las inversiones de Estados Unidos en el exterior, alcanzando una cifra superior a los 200 millones de dólares, que representaba cerca del 30% del total, en el año 1897, -

3/ López Rosado Diego G. Curso de Historia Económica de México. UNAM. México 1963.

gracias al interés de los inversionistas norteamericanos en los vastos recursos de México y las facilidades que el gobierno mexicano les proporcionaba.^{4/}

Este flujo de inversiones extranjeras (sobre todo norteamericanas), modificaron la estructura productiva del país, de acuerdo a los intereses de esos mismos inversionistas extranjeros. Es lógico que los capitalistas norteamericanos arriesgaran sus capitales en México orientados hacia el aprovechamiento de los recursos naturales, sobre todo los de origen minero-metalúrgico. Por otra parte, el incremento de las exportaciones primarias propició que se incrementaran las actividades industriales internas y que se fueran formando núcleos fabriles de relativa importancia.^{5/}

Sin embargo, esta etapa de despegue en materia de industrialización se vió interrumpida por la falta de estabilidad que existió en el país durante la Revolución iniciada en 1910 y consolidada en la década de los años veinte.

En materia de energéticos, de 1901 a 1910, la producción de petróleo fué poco importante, pero de 1911 en adelante empezó a incrementarse su producción, llegando a ocupar México uno de los primeros lugares de producción en el mundo.

La lucha armada no afectó mayormente los traba

^{4/} Ibidem.

^{5/} Barrera Ríos Macedonio, Industrialización y Crecimiento Económico. El Caso de México. ENE, UNAM, Tesis Profesional. 1968.

jos de las compañías petroleras extranjeras, sino - al contrario aumentaron las inversiones y acrecentaron los trabajos de exploración y perforación de pozos. Esto estaba asociado al incremento de la demanda mundial de energéticos por motivo de la Primera Guerra Mundial.

Es hasta 1925 cuando de hecho se dan los primeros esfuerzos organizados sobre una base nacional - que constituye los cimientos del futuro desarrollo económico del país.

"Surgen nuevas instituciones, se genera una -- transformación estructural, tanto en lo económico - como en lo social y político que poco a poco fué - sentando el crecimiento industrial que se observa - hasta nuestros días". 6/

Para ello el Lic. Héctor Vázquez Tercero apunta que esta transformación estructural se presentó entre 1925 y 1939, siendo interrumpida por la depresión mundial la cual repercutió fuertemente en la economía mexicana. 7/

Posteriormente, en 1940 la economía mexicana empezó a observar un crecimiento sostenido con una tasa media del 6% anual. Durante el mismo período la producción manufacturera se elevó aproximadamente en un ocho por ciento al año. 8/

6/ Op. Cit. Barrera Ríos Macedonio.

7/ Vázquez Tercero Héctor, Fomento Industrial en México, Op. Cit. por Barrera Ríos Macedonio.

8/ Solís M. Leopoldo, Hacia un Análisis General a Largo Plazo del Desarrollo Económico de México,

La modificación de las pautas seguidas por la inversión directa gubernamental en la economía, a partir de 1930, reflejó un cambio en las prioridades, resultante del crecimiento económico durante ese período. Durante el período 1934 - 1940 las empresas estatales se extendieron hasta la industria rural, el petróleo y la energía eléctrica. 9/

A partir de 1940, cerca del 30% de toda la inversión pública se ha encauzado hacia el sector industrial. De ésta, se destinó gran parte a los renglones de energía eléctrica y petróleo, lo que dió por resultado tasas anuales de crecimiento del 10 % para la capacidad eléctrica instalada, y del 6% para la producción de gas y petróleo. 10/

"La prioridad en la inversión pública se desplazó del recientemente próspero sector agrícola hacia la industria y los transportes. De 1952 a 1958, las inversiones publicas incrementaron en 80% la capacidad eléctrica instalada y en 50% la capacidad de refinación de petróleo". 11/

Los gastos federales destinados al desarrollo económico en México, como una proporción del presupuesto total, se elevaron del 22% en 1933 - 34, a un promedio del 52% en los doce años comprendidos -

9/ Hanson D. Roger, La Política del Desarrollo Mexicano, Ed. Siglo XXI

10/ Idem,

11/ Vernon Raymond, El Dilema del Desarrollo Económico, Ed. Diana, México 1968,

entre 1947 y 1958. 12/

Mientras que en 1935 algo más del 34% de la población total del país vivía en localidades de - - 2,500 y más habitantes, actualmente más del 60% de la población vive en ellas; en ese mismo período la población económicamente activa que se dedicaba a - actividades agrícolas y similares ha pasado del 67% a menos del 46%. 13/

Como se observa en el cuadro 1, la estructura de la producción cambia: la contribución al producto bruto interno de la agricultura, la ganadería, - silvicultura y pesca, disminuye del 28% al 13% entre 1935 y 1970 y en cambio, la industria pasa del - 28% a alrededor del 40% en el mismo período. En - forma paralela la infraestructura se expande a un - ritmo acelerado: la extensión de la red de caminos - pasa de algo más de 5 mil kilómetros en 1935 a más - de 70 mil en 1970; la capacidad instalada de ener- - gía eléctrica pasa de 550 mil kilovatios a 7 millo- - nes y medio entre 1935 y 1970; la producción de pe- - tróleo crudo se multiplica más de cuatro veces en - el mismo período y la superficie beneficiada con - - obras públicas de riego pasa de 160 mil hectáreas - en 1935 a más de tres millones en la actualidad. 14/

12/ Wilkie. La Revolución Mexicana. Op. Cit. por Roger D. Hansen en La Política del Desarrollo Mexicano, Ed. Siglo XXI,

13/ Tello Macías Carlos. Un Intento de Análisis de la Distribución Personal del Ingreso. Disyuntivas Sociales. Ed. SEP-SETENTAS. 1971.

14/ Idem.

CUADRO 1

Producto bruto interno
(Millones de pesos a precios de 1950)

Años	Total	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	Minería, petróleo, manufac- turas, cons- trucción y energía eléctrica	Transporte, gobierno, comercio y otros
1935	17 083	5 007	5 106	7 870
1940	22 880	5 171	6 788	10 930
1945	30 473	6 437	8 996	15 040
1950	41 060	9 242	12 466	19 352
1955	55 312	12 219	16 930	26 163
1960	74 317	14 018	21 603	35 696
1965	99 616	17 272	35 023	47 321
1970*	139 075	18 197	53 191	68 537
Tasas medias de crecimiento anual (%)				
1935-1940	4.9	0.7	5.9	6.8
1940-1945	5.9	4.5	5.8	6.6
1945-1950	6.2	7.5	6.8	5.2
1950-1955	6.1	5.7	6.3	6.2
1955-1960	6.1	2.8	7.8	6.4
1960-1965	6.0	4.3	7.3	5.8
1965-1970	7.0	1.0	8.7	7.7

* Estimado.

FUENTE: Banco de México, S. A.

En 1970, México cumplía siete lustros de paz - posrevolucionaria, era para muchos el país subdesarrollado que en ciertos aspectos podía compararse - con los desarrollados en sus mejores épocas en cuanto a: dinamismo, solidez en su moneda, solvencia - económica, etc. Sin embargo esta imagen positiva - experimentó algunos aspectos negativos, como el incremento de la población desempleada y un lento crecimiento en la oferta de servicios educativos, de - salud y de vivienda. El desarrollo de la infraestructura para el transporte no había podido terminar con la marginación de muchas zonas rurales. Los ferrocarriles nacionales se habían convertido en un cuello de botella para las actividades económicas. - En esa época el país tuvo que importar productos - que tradicionalmente producía (azúcar, maíz e inclusive petróleo).

Carlos Tello destaca en su obra citada, que la generación de energía eléctrica se detenía ante - - cuestiones financieras, al igual que la producción petrolera, la siderúrgica y la minera; al mismo - - tiempo reconoce que las tendencias de las fuerzas - económicas, aunada a la política económica que el - gobierno puso en práctica, tuvieron como resultado - la creación de un aparato industrial diversificado - y de amplias proporciones que pronto arrojó un producto industrial, cuya magnitud llegó a representar una parte considerable del producto global del - - país. Al respecto, nos dice el Lic. Tello, que esto pudo conseguirse a costa del bienestar de las - grandes mayorías y de posponer el arranque, o simplemente disminuir el ritmo de expansión de actividades básicas que hubieran dado mayor solidez al -

aparato productivo nacional tales como la industria productora de bienes de capital y la del petróleo.

De estas breves reflexiones, se deriva la necesidad de afirmar que los energéticos son condición indispensable para el proceso de industrialización de cualquier país y serán de fundamental importancia si el modelo de desarrollo se apoya en una estrategia de crecimiento industrial sostenido.

2.2. DEFINICION DE ENERGIA

El Ing. Antonio Rojas García, en su tratado de Tecnología para Economistas, define a la tecnología como la capacidad de realizar trabajo, y aclara que cualquier trabajo, o cualquier movimiento, en su manifestación objetiva, es un producto de la energía - y ésta puede ser producida por la naturaleza o por el cosmos de manera espontánea, según el proceso natural, o bien elaborada por el hombre para un fin concreto de utilidad.

Así tenemos varios tipos de energía:

Energía Potencial.- Es aquella que contiene un cuerpo o una sustancia y que puede liberarse - mediante cierto mecanismo.

Energía Animada.- La que se origina por medios musculares animales.

Energía Inanimada.- La que se produce por medios naturales o artificiales, aprovechando la energía potencial o cinética de los elementos, exceptuando la fuerza muscular animal y humana.

Energía Química.- La que se obtiene por descomposición molecular de los cuerpos mediante la reacción o combustión artificial o espontánea, es decir, provocada por el hombre o producida por la naturaleza.

Energía Eléctrica.- La que se obtiene al producir el fluido eléctrico y aprovechar sus efectos magnéticos en cualquier forma, como calor, luz o movimiento.

Energía Física.- Es el aprovechamiento de las fuerzas naturales, sin cambiar su esencia molecular, como la fuerza del viento, o bien la transmisión de una fuerza a través de un elemento como una palanca.

Energía Intraatómica.- La que se origina con la descomposición del átomo, ya sea por fisión o rotura de su estructura, como en el caso del hidrógeno, que se parte o fisiona para obtener el gas helio, con gran desprendimiento de calor, o bien aprovechando la radioactividad de los elementos, cuya descomposición al acelerarse producen grandes cantidades de calor aprovechable.

Energía Cósmica.- La que contienen los cuerpos extraterrestres y que llegan a través del éter por los rayos solares o por los rayos cósmicos; constituyen la fuente matriz de la vida en la tierra.

La energía se concibe como una forma condensada de la materia en la cual todos los elementos, a mayor o menor velocidad o radioactividad se están reintegrando al universo, descomponiéndose en una combustión lenta que los hará convertirse en energía liberada al cabo del tiempo.

Así tenemos, de acuerdo con las definiciones anteriores, que Rojas García, clasifica a la energía en dos tipos fundamentales:

Energía Elemental.- La que se obtiene directamente del sol, o indirectamente de las plantas y animales en forma de alimentos.

Energía Derivada.- La que se deriva de la energía elemental por medio de métodos modernos - llamados técnicos, a través de los cuales se - obtienen cantidades considerables de calor, - que aplicado al agua produce vapor; aprovechando su fuerza expansiva se obtiene energía mecánica que, en una máquina de vapor se controla y encauza; la energía se transforma en movimiento rotacional con la ayuda de un dinámo - que a su vez la convierte en energía eléctrica, la que finalmente se aprovecha como agente motor, luminoso o calórico.

2.3. FUENTES DE PRODUCCION DE ENERGIA

Las fuentes de producción de energía pueden clasificarse en:

2.3.1. CONTINUAS O RENOVABLES.

2.3.1.1. La radiación solar utilizada directamente mediante aparatos ópticos (reflectores, lentes, etc.)

2.3.1.2. La radiación solar utilizada directamente mediante fotoquímica, fotoelectricidad y termoelectricidad.

2.3.1.3. La radiación solar utilizada indirectamente a través de la fotosíntesis, de la cual dependen los organismos vivientes para su alimentación y que además suministra muchos materiales útiles (madera y otros materiales de construcción, hule fibras, etc.) así como com-

bustibles (leña, alcohol y gasolina de origen-vegetal).

2.3.1.4. La radiación solar utilizada indirectamente a través del empleo de agua evaporada por el sol, movida por los vientos y capturada en su caída y precipitación; los vientos originados por las diferencias de temperatura en la atmósfera y en la tierra misma.

2.3.1.5. El calor de la tierra, hasta la desintegración atómica, y el que sale por los cráteres y por la boca de los volcanes.

2.3.1.6. La fuerza de los mares.

2.3.2. AGOTABLES O NO RENOVABLES.

2.3.2.1. Los elementos desintegrables que producen energía atómica o nuclear mediante la - aceleración de la desintegración.

2.3.2.2. Los combustibles fósiles.

2.3.2.2.1 Carbón de piedra

2.3.2.2.2 Aceites minerales, incluyendo piza--rras petrolíferas y arenas bituminosas.

2.3.2.2.3 Gas natural.

En lo que se refiere a la energía animada o - muscular los alimentos y los forrajes constituyen - sus principales fuentes de abastecimiento.

La energía inanimada o mecánica se genera fun--damentalmente de combustibles fósiles, y combusti--bles vegetales como la madera y algún otro tipo de-

vegetación.

2.4. TIPOS DE PRODUCCION DE ENERGIA

De acuerdo con un estudio publicado por el - - Instituto Mexicano del Petróleo 15/ los energéticos que se consumen a nivel mundial según su orden de - importancia son: los hidrocarburos (petróleo y gas natural), el carbón mineral, la hidroelectricidad, - la energía nuclear y la geotérmica.

Como veíamos anteriormente, la energía proviene de diferentes fuentes, se transforma y consume - en forma distinta y tiene varias formas de aprove- - chamiento. El estudio del IMP divide en tres eta- - pas sucesivas su utilización:

Energía Primaria. - Corresponde al momento en - que la energía se incorpora a la economía, co- rrespondiendo todas las fuentes originales de - energía (hidráulica, nuclear, hidrocarburos, - etc.) las cuales van a sufrir una transforma- ción para hacerlas fácilmente utilizables.

Energía Secundaria. - Se proporciona a los con- sumidores finales en sus diferentes formas de - uso, tales como la energía eléctrica o los com- bustibles para uso doméstico o industrial.

15/ IMP. Subdirección de Estudios Económicos y Pla- neación Industrial. Energéticos: Panorama Ac- - tual y Perspectivas. México, 1974.

Energía Aprovechable.- Se relaciona con el trabajo mecánico, calor o luz, en que se transforma parte de la energía secundaria al ser absorbida en el proceso a que se destine.

2.4.1. HIDROCARBUROS.

Los hidrocarburos proceden de la fermentación bacteriana de lodos orgánicos de origen lacustre, enclavados en regiones de descenso lento y prolongado, que generalmente se encuentran en los bordes de los complejos montañosos. En el subsuelo estos lodos se desplazan a través de las rocas permeables, bajo el efecto de la elevación del grado geotérmico y a causa de las presiones sedimentarias y orogénicas. 16/

Un yacimiento está constituido por rocas madres que contienen materiales originales de formación e impregnación, y por rocas almacenes en las cuales existen puntos en los que la saturación alcanza un grado máximo.

La actividad de explotación se inicia con complicadas tareas de prospección que requieren de un equipo especial de detector y de exploración cada vez más costoso. Considerando que se requiere muchas veces hacer perforaciones hasta de 5000 metros

16/ Pierre George. Geografía Económica. Ed. Ariel, México, 1970.

lo cual implica la necesidad de efectuar elevadas - inversiones. Esto hace que las condiciones técni--cas de explotación de los yacimientos petrolíferos- constituyan un primer factor de concentración de la industria del petróleo. 17/

Una parte notable de las perforaciones da lu--gar a un surtidor espontáneo de gas y de hidrocarburos, la explotación de un pozo productivo asegura - una rápida amortización de los gastos de prospec--ción y perforación, proporcionando elevados benefi--cios, lo cual constituye un elevado factor de con--centración para la acumulación rápida de capitales.

A su vez, la explotación del petróleo presenta un problema técnico fundamental que es el de la ex--pulsión y almacenamiento de los productos líquidos- y gaseosos. Esto requiere la existencia de métodos eficientes de almacenamiento y transporte del pro--ducto, a través de grandes baterías de tanques de - almacenamiento, buques cisterna, y últimamente uti--lizando oleoductos para conducir petróleo y gaseo--ductos para conducir gas.

Estos sistemas de transporte y almacenaje solo se justifican si existen niveles considerables de - concentración geográfica y financiera.

Asimismo, cabe señalar que alrededor del petró--leo han surgido infinidad de industrias derivadas - denominadas con el nombre genérico de petroquímica, de tal modo que la elaboración de productos con ma--yor valor agregado se hace cada vez más complicado-

17/ Idem.

por efecto de la diversificación de la demanda.

La especialización de los países productores - de petróleo en materia de refinación, incluyendo la obtención de gasolina a partir de los gases naturales, requiere de volúmenes considerables de inversión y la organización de redes de distribución especializadas en el manejo de estos productos, dando origen a grandes empresas comerciales.

Históricamente, el fenómeno de concentración - se ha dado en las fases de refinado y transporte. - En la actualidad la mayor parte de las organizaciones productoras de petróleo mantienen dicho fenómeno desde el yacimiento hasta el consumidor, participando en las industrias que fabrican el material necesario para la investigación de nuevos pozos y nuevas utilizaciones industriales del petróleo.

En realidad tres grandes consorcios se reparten el control de la producción, refinado, transporte y distribución del petróleo en el mundo. El grupo de la Standar Oil en los Estados Unidos; la Shell Petroleum Corp, angloholandesa, y la Anglo-Iranian o British Petroleum, también de origen inglés. 18/

2.4.2. ENERGIA HIDRAULICA.

Los recursos hidráulicos, en su forma corrien-

18/ Idem.

te o estancada en embalses pueden ser usados para producir energía por medio de las llamadas presas, mismas que detienen las aguas a cierto nivel para después derivarla a otros niveles inferiores, lo cual produce la llamada Fuerza Hidráulica. Se puede decir en forma genérica que en casi todos los lugares donde haya agua es posible producir este tipo de fuerza, pero no siempre resulta costeable desde el punto de vista económico, debido a que muchas veces el costo de la instalación no corresponde a la potencia obtenida.

De acuerdo a la distinción de nivel las centrales hidroeléctricas se dividen en:

Fábricas de Caída Alta.- Las que utilizan un pequeño caudal de agua que se proyecta desde varios centenares de metros sobre unas turbinas, bien en una sola caída (1 500 m. como mínimo), o bien en un escalonamiento de saltos sucesivos a través de una cadena de centrales funcionando en serie.

Fábricas de Salto Mediano.- Las que utilizan un caudal mucho mayor sobre niveles de 20 o 30 hasta 200 metros.

Fábrica de Caída Baja.- Las que dan más importancia a las masas de agua que pasan por sus turbinas, que al desnivel que se fija para la aplicación de la fuerza de gravedad.

De acuerdo con su capacidad de embalse las centrales hidráulicas se dividen en:

Centrales de Lagos.- Disponen de una reserva suficiente para regularizar su caudal por estaciones.

Centrales de Presa.- Pueden almacenar agua durante la noche para dejarla correr de día o recogerla los días de descanso para dejarla correr los días laborables. Su capacidad de embalse puede variar, pero en ocasiones alcanza para 400 horas de utilización.

Centrales de Corriente de Agua.- No poseen reserva alguna; su ritmo de servicio debe estar inscrito entre los mínimos y máximos del caudal asegurado por las obras de acondicionamiento y las condiciones naturales de alimentación del río.

Por otra parte, tenemos que este tipo de plantas presentan algunas ventajas:

- Utilizan una fuente renovable de energía.
- Operan automáticamente.
- No contaminan el ambiente.
- Su eficiencia es superior a la de cualquier planta termoeléctrica.

Entre las desventajas podríamos destacar las siguientes:

- Existe una escasez relativa de recursos hidráulicos aprovechables para la generación de energía eléctrica.
- Por lo general el lugar donde se localiza el recurso, que es donde se establece el centro de producción, queda muy alejado de los centros de consumo.
- Las líneas de transmisión deben ser más extensas para poder llegar a los centros de

consumo.

- Requieren de una mayor inversión por KWH con respecto a otras alternativas.

En México, en la medida que el consumo de energía eléctrica ha venido aumentando en relación con la disponibilidad cercana a los grandes centros de consumo, se ha tenido que recurrir a plantas hidroeléctricas muy lejanas.

Conforme al estudio del IMP "Energéticos, Panorama Actual y Perspectivas", tenemos que, el máximo potencial desarrollable en el país podría proveer - aproximadamente 44 360 GWH anualmente. Esto lleva - a suponer que en la actualidad se sigue empleando sólo el 32% de dicho potencial y de mantener el ritmo de instalación de plantas como hasta ahora, probablemente en 1990 se habrá alcanzado el total desarrollo de esta fuente de energía.

En lo que se refiere a recursos hidráulicos, - se puede decir que México no es un país rico en este campo si se le compara con otras regiones como - los Estados Unidos que cuentan con un potencial promedio de 65 000 KWH por año y por kilómetro cuadrado, o Centroamérica que cuenta con 150 000 KWH/año/Km². México apenas cuenta con 22 500 KWH/año/Km².

Haciendo referencia al mismo estudio, sabemos - que en los países que están haciendo un uso intenso de los recursos hidráulicos para la generación - de energía eléctrica, existe la tendencia de construir las nuevas plantas hidroeléctricas únicamente para absorber los picos de demanda y no para generación básica, dada sus características especiales de poder aceptar cargas rápidas. Con este tipo de - -

plantas hidroeléctricas de pico no solo se puede - proveer una potencia adicional durante los períodos de máxima demanda y facilitar el balance de las cargas, sino que se consigue tener una capacidad de reserva de emergencia.

Las cuantiosas inversiones que se requieren pa- ra construir presas y centrales generadoras, frente al tamaño de los mercados locales, ha impedido el - aprovechamiento de los recursos hidráulicos a esca- la mundial y regional, por lo que en el futuro, de- observarse las mismas tendencias de la demanda de - electricidad, tendrán que incrementarse las accio- nes de cooperación entre países a efecto de vincu- lar los fondos de inversión, la asistencia técnica- y las relaciones con los mercados de energía, en - tal forma que resulte más confiable y atractivo es- te tipo de proyectos para el país.

2.4.3. ENERGIA NUCLEAR.

Un reactor nuclear o pila es un dispositivo - destinado a utilizar una reacción en cadena por es- cisión de núcleos para la producción de calor, ra- diaciones, o materiales radiactivos. Es un sistema que contiene una cantidad suficiente de material fisionable, dispuesto de tal forma que se puede auto- mantener y controlar una reacción en cadena de la - fisión nuclear. El material que se utiliza para lo- grar la fisión es el uranio.

Existen dos tipos de reactor, los que se utili- zan para producir energía eléctrica, que se denomi- nan reactores de potencia y los que sirven para pro

ducir otro tipo de materiales radiactivos que tienen aplicación en algunos usos industriales, médicos, agrícolas, etc. y que se denominan reactores de investigación.

En México se cuenta con un reactor TRIGA MARK-III, que sirve para investigación, localizado, en el Centro Nuclear de Salazar en el Estado de México, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

La energía nuclear proporciona hoy en día solamente el 2% de la electricidad del mundo, para el año 2000 se estima que este sistema contribuirá con cerca del 50% de la energía eléctrica que se genere entonces. 19/

Algunos reactores utilizan como combustible -- uranio-235 enriquecido, el cual se encuentra en la naturaleza en una proporción de 7 x 1000 en relación al uranio-238 que es más abundante; estos reactores utilizan como moderador grandes cantidades de agua ligera.

Otro tipo de reactores son los llamados de -- orfa que utilizan uranio-238 y que producen durante su operación una cantidad adicional de plutonio que puede utilizarse como combustible en otros reactores llamados rápidos, lo que permite extender la duración de las reservas. El problema del plutonio es que requiere de un estricto control por parte de los gobiernos de los estados nacionales de que se trate y por parte del Organismo Internacional de --

19/ Agencia Internacional de Energía Atómica, Boletín No. 4, Vol. 14, 1972.

Energía Atómica (OIEA), ya que ese elemento constituye la materia prima fundamental para la obtención de la bomba atómica.

El desarrollo de estos reactores de cría presupone que la producción de energía eléctrica será limitada, en cuanto la investigación sobre estos se concluya y se pueda entrar al mercado comercial de energéticos a costos competitivos. Se estima que esto no podrá lograrse antes del año 1990. Después de esta fecha, la disponibilidad de uranio no será suficiente para mantener los reactores convencionales que se espera estarán operando para esa fecha en el mundo.

Existe un tipo de reactor nuclear que opera a base de uranio natural y agua pesada el cual ha sido denominado CANDU, mismo que se ha desarrollado dentro de un programa de desarrollo de un reactor nuclear nacional en Canadá. Este reactor tiene la ventaja de utilizar el uranio en su forma natural, por lo que no depende de las grandes potencias que dominan la tecnología de enriquecimiento del uranio; sin embargo, requiere de inversiones adicionales para la producción de agua pesada en plantas de tipo industrial localizadas cerca del reactor.

El uranio, elemento fundamental para la producción de este tipo de energía es un material relativamente abundante ya que constituye la sexta milionésima parte de la corteza terrestre, cifra que representa 1000 veces más que el oro calculado en los yacimientos terrestres y 100 veces más que la plata. El problema actual es hacer más barata su depuración, puesto que su obtención por los métodos ac-

tuales es muy costosa. 20/

Actualmente nuestro país está desarrollando - su primera experiencia en materia de aprovechamiento de la energía nuclear para la producción de flujo eléctrico, con la instalación de una planta nucleoelectrónica en Laguna Verde, Veracruz; misma que debió haber iniciado sus operaciones en 1978; a la fecha lleva un retraso de tres años y se espera que para 1983 ya esté operando en forma comercial.

Por diferentes razones (de seguridad, de tiempo, de transferencia de tecnología, etc), la primera carga de combustible nuclear tuvo que ser importada a los Estados Unidos, presentándose la primera situación de alerta para el programa mexicano, en virtud de un embargo de uranio enriquecido del que fué objeto la Comisión Federal de Electricidad por parte de las autoridades norteamericanas.

El dilema de comprar plantas nucleares en el extranjero se presenta así: o se depende de los países que dominan la tecnología de enriquecimiento del uranio (Estados Unidos, Francia, Suecia, Alemania, etc.), o se depende de Canadá único país que ofrece la posibilidad de desarrollar reactores a base de uranio natural y poseedor de la tecnología para la fabricación de agua pesada, elemento indispensable para ese tipo de reactores. No obstante que se está considerando otra alternativa para desarrollar un programa combinando ambos tipos de tecnología, de todas maneras se estaría dependiendo del extranjero.

Teóricamente, en la próxima década México está en condiciones de fabricar sus propios combustibles nucleares con excepción de la etapa de enriquecimiento del uranio-235, debido a las grandes inversiones que se requieren para desarrollar este proceso.

Otro supuesto, consiste en afirmar que México posee suficientes reservas de uranio para soportar el ambicioso programa nucleoelectrico que se está planteando en la actualidad.

2.4.4. CARBON

Durante casi un siglo, el carbón constituyó la fuente fundamental de energía, misma en la que se basó todo el proceso de industrialización del mundo moderno. Esto propició que las grandes regiones industriales surgieran alrededor de los yacimientos de hulla o carbón mineral.

La hulla o carbón mineral es el más importante de los combustibles minerales sólidos y debe su formación a la descomposición de la flora de otras épocas.

Existen tres tipos fundamentales de hulla:

HUMICAS. - Son de color negro brillante y de contextura fibrosa, frecuentemente se presentan en capas delgadas combinadas con otras clases de carbón de menor brillo.

CENAGOSAS.- Son de aspecto poco brillante y color negro agrisado, su fractura es irregular y no tizna.

MIXTAS.- Son formas combinadas de hullas humicas y cenagosas que forman estrías brillantes y mates.

Por lo general, como los yacimientos de hulla son profundos, es necesario invertir en la construcción de pozos y galerías tipo minero para su explotación.

Entre las aplicaciones más importantes del carbón mineral está la obtención de "coque" y otros productos derivados de aplicación industrial como los alquitranes, amoníaco y bencol.

Las ventajas que ofrece la utilización de coque en los altos hornos radica en que

- Soporta presiones muy elevadas.
- Contiene menos azufre.
- Tiene mayor resistencia.
- Produce temperaturas más altas.
- Quema sin producir humo.
- Genera un olor menos desagradable, que los gases del carbón.

En esta rama de la producción, los gastos de explotación son tanto más elevados, cuanto más numerosos son los obstáculos técnicos que hay que vencer. 21/

21/ Pierre George, Geografía de la Energía, Edit. - Medici, 1950.

La explotación de este mineral en México tiene sus antecedentes a finales del siglo XIX y principios de éste en que aparecen las primeras minas de carbón en el norte del país. Las principales aplicaciones fueron en la industria minera en general, en la industria siderúrgica para la producción de hierro y acero, y como combustible para mover los ferrocarriles.

En 1974, de acuerdo con estimaciones hechas por el Consejo de Recursos Naturales no Renovables, el 81% del consumo de carbón en México iba a dar a la industria siderúrgica, el 14% a la industria minero-metalúrgica y el resto (5%) se empleaba en la generación de energía eléctrica.

Los expertos consideran que se debe impulsar y promover el uso más intensivo del carbón en la generación termoeléctrica, ya que existen reservas considerables de carbón no coquizable que no han sido suficientemente exploradas ni cuantificadas, sobre todo en las regiones de Oaxaca, Sonora y Coahuila.

Desafortunadamente la industria del carbón no ha tenido la misma dinámica de crecimiento que la industria siderúrgica, por lo que esta última se ha visto en la necesidad de recurrir a importaciones. En este sentido, es más conveniente ampliar el espectro de aprovechamiento de este recurso en función de disminuir las presiones para la utilización de hidrocarburos.

Por lo pronto, ésta es la tendencia que se observa en los países industrializados, al grado de que las propias compañías petroleras están experimentando la producción de gas natural a partir de

carbón, con la ventaja de que este proceso se puede realizar en el sitio mismo donde se encuentra el mineral dentro de la mina. Este proceso aún es incosteable desde el punto de vista comercial.

2.4.5. GEOTERMICA

La energía geotérmica se define como la energía calorífica propia del núcleo terrestre, que a través de las corrientes de magma y por las fisuras existentes en el medio sólido y sólido líquido del interior de la corteza terrestre, emigra hacia niveles más cercanos a la superficie, en donde, si encuentra condiciones favorables, permanece, transmitiéndose a las aguas subterráneas. Por medio de pozos construidos específicamente, estas aguas subterráneas con alta energía térmica almacenada, salen a la superficie transformándose en vapor que entre otros usos, se utiliza para la obtención de energía eléctrica. 22/

Este sistema de producción de energía tiene la ventaja de operar a bajo costo por KWH producido, con la ventaja adicional de que el campo geotérmico puede ser aprovechado permanentemente.

En el caso específico de México, podemos decir que se encuentra en una etapa incipiente en cuanto a la investigación y detección de fuentes geotérmicas, pues hasta 1974 únicamente se habían localizado 120 focos termales en todo el territorio.

22/ Instituto Mexicano del Petróleo. "Energéticos.- Panorama Actual y Perspectivas". 1974.

Al respecto, en 1973 se puso en operación la primera planta geotérmica para producción de electricidad en Baja California Norte, con una capacidad instalada de 75 000 KW.

Las fuentes geotérmicas ofrecen otra serie de ventajas, tales como:

- Obtención de agua potable.
- Recuperación de sales.
- Creación de industrias químicas asociadas.
- Producción de clima artificial.
- Cultivo en invernaderos alimentados con el vapor tectónico.
- Fomento a la investigación de nuevas fuentes de vapor en el subsuelo a través de explosiones nucleares subterráneas.
- Creciente número de investigaciones en cuanto a las condiciones hipertérmicas de las zonas volcánicas como fuente de energía y calor para procesos industriales.

La ventaja de utilizar esta fuente estaría dada por la siguiente relación: Una planta con capacidad instalada para producir 90 MW de origen geotérmico, sería equivalente a quemar un millón de barriles de petróleo al año.

2.4.6. SOLAR

Según V. Kuznetsov, cada segundo el sol transforma alrededor de 4 millones de toneladas de hidró

geno en helio, lo cual produce una gran cantidad de energía que se difunde en el espacio en forma de luz. De ésta, solo una mínima parte llega a la tierra, esto es aproximadamente 1,000 KWH anuales por cada metro cuadrado de superficie. Ningún animal ni planta podrían subsistir sin esa energía radiante, cuya fuente se encuentra alrededor de 150 millones de Km de nosotros. 23/

Independientemente de que el sol, es 109 veces más grande que la tierra, se llegan a presentar temperaturas de 6000° y en su interior se estima que existen temperaturas de 20 000 000°. Toda esta energía se encuentra dispersa en el tiempo y en el espacio, por lo que el problema de su empleo para la generación de electricidad es su concentración y acumulación en pequeñas superficies.

En la actualidad, la generación de energía eléctrica de origen solar a escala industrial resulta incosteable, sin embargo, se pueden construir pequeñas centrales electrosolares de hasta 3 000 KW de potencia a través de las cuales se puede suministrar energía a pequeñas ciudades y poblados, y también parcialmente, para la calefacción de viviendas y para el establecimiento de sistemas de aire acondicionado, sobre todo en las regiones de clima extremoso.

En general las centrales eléctricas solares, son de forma circular con aproximadamente un kilómetro de diámetro. En el centro tienen una torre de -

23/ V. Kuznetsov. El Progreso Técnico en la Unión Soviética. Ed. Progreso, Moscú.

40 metros con una caldera giratoria situada en el -foco óptico de una serie de espejos que captan los rayos solares y son dirigidas a una caldera de agua. Esta agua al convertirse en vapor, a cierta presión, acciona una turbina de vapor que hace girar los generadores eléctricos. Con este sistema se pueden -generar anualmente 7.2×10^6 KWh de energía eléctrica.

La utilización actual de estas técnicas resulta incosteable. En la medida en que la investigación científica y tecnológica se vaya desarrollando la tendencia de estos costos será descendente y llegará el día en que la alternativa solar sea más ventajosa que la atómica, hidráulica o geotérmica, con el atractivo adicional de que dispondrá de una fuente de energía inagotable.

Por lo pronto, ya se han hecho algunos avances en materia de semiconductores, que sirven para proveer de calefacción y aire acondicionado a las viviendas. A través de sistemas de fotoceldas instalados en los techos de las casas, se puede obtener agua caliente y energía eléctrica para los aparatos de uso doméstico y alumbrado de las mismas.

Esta solución parece la ideal para poblaciones de 2 500 a 10 000 habitantes y en zonas muy apartadas, donde resultaría muy costoso llevar la energía producida por medios convencionales.

2.4.7. OTRAS.

En el libro "Crisis Energética y Recursos Natu

40 metros con una caldera giratoria situada en el -foco óptico de una serie de espejos que captan los rayos solares y son dirigidas a una caldera de agua. Esta agua al convertirse en vapor, a cierta presión, acciona una turbina de vapor que hace girar los generadores eléctricos. Con este sistema se pueden -generar anualmente 7.2×10^6 KWh de energía eléctrica.

La utilización actual de estas técnicas resulta incosteable. En la medida en que la investigación científica y tecnológica se vaya desarrollando la tendencia de estos costos será descendente y llegará el día en que la alternativa solar sea más ventajosa que la atómica, hidráulica o geotérmica, con el atractivo adicional de que dispondrá de una fuente de energía inagotable.

Por lo pronto, ya se han hecho algunos avances en materia de semiconductores, que sirven para proveer de calefacción y aire acondicionado a las viviendas. A través de sistemas de fotoceldas instalados en los techos de las casas, se puede obtener agua caliente y energía eléctrica para los aparatos de uso doméstico y alumbrado de las mismas.

Esta solución parece la ideal para poblaciones de 2 500 a 10 000 habitantes y en zonas muy apartadas, donde resultaría muy costoso llevar la energía producida por medios convencionales.

2.4.7. OTRAS.

En el libro "Crisis Energética y Recursos Natu

rales", identificamos otras dos fuentes de producción de energía que se están utilizando en algunas partes del mundo. Una de ellas está constituida por los esquisitos bituminosos que son rocas que contienen una sustancia sólida, de origen orgánico, llamado kerógeno del cual se obtiene una especie de aceite llamado esquisito muy parecido al petróleo crudo; después mediante de un proceso de destilación se produce un coque.

Aquí, el problema que se presenta es que todavía no se tienen técnicas que permitan la explotación rentable de este producto dado que se requiere extraer grandes cantidades de rocas.^{24/} Otra posibilidad es el aprovechamiento de las llamadas arenas asfálticas que son otras formaciones que contienen un aceite compuesto por hidrocarburos.

Se cree que las reservas totales de esquisitos y arenas en América del Norte podrían equipararse con el potencial petrolífero del Medio Oriente.

En forma adicional otra alternativa utilizada inclusive desde tiempos remotos y que tiene mucha aplicación en el sector naval es la llamada energía eólica producida por los vientos, la cual es reestablecida ininterrumpidamente por la naturaleza. Existen motores eólicos que desarrollan hasta 400 KW de potencia y con capacidad de producir hasta 2 millones de KWh de energía eléctrica. El desarrollo de la técnica eólica implica el diseño de nuevos motores eólicos, así como el diseño de centrales para producir energía eléctrica.

^{24/} Varios Autores, Crisis Energética y Recursos Naturales, Salvat Editores, México, 1973

3. OBJETIVOS Y METAS PARA EL SECTOR NUCLEAR EN
FUNCION DE LAS PREVISIONES DE LA PLANEACION
Y PROGRAMACION NACIONAL.

3. OBJETIVOS Y METAS PARA EL SECTOR NUCLEAR EN FUNCION DE LAS PREVISIONES DE LA PLA- NEACION Y PROGRAMACION NACIONAL.

Partiendo del supuesto de que la electrificación es la base del desarrollo de la técnica moderna y ésta última el sustento de un proceso nacional de industrialización y modernización de los sectores servicios, agricultura y transporte, el reciente desarrollo de los energéticos ofrece la posibilidad de llevar a cabo en un plazo relativamente corto la electrificación total del país, misma que - - constituirá la plataforma de sustento del desenvolvimiento de las fuerzas productivas.

Considerando que la industria y la agricultura del país consumen más de las dos terceras partes de la energía eléctrica producida y los servicios consumen aproximadamente el 15%, la electricidad junto con el petróleo constituyen los sectores básicos - que han permitido el desarrollo industrial nacional auspiciando la generación de economías externas vía la infraestructura de servicios e instalaciones.

Hasta 1970 el país fué prácticamente autosuficiente en su producción y consumo de energía, con - importaciones de poca cuantía; sin embargo, en los últimos años de la administración del presidente - Echeverría se tuvieron que importar cantidades importantes de petróleo crudo y carbón, lo que aunado a la crisis mundial de energéticos y la consiguiente elevación de los precios internacionales, hizo - patente la necesidad de llevar a cabo una planea- -

ción nacional y adecuada de la explotación y uso de los recursos naturales de mayor valor productivo, - especialmente de aquellos que por su naturaleza misma son no renovables. 25/

A este respecto el economista René Villareal - nos dice que se deben considerar los requerimientos del sector energético mexicano en un horizonte temporal de 10 a 20 años, si es que se quiere avanzar en el proceso de planeación nacional, con todas las implicaciones que esto conlleva en materia técnica, burocrática, administrativa y de voluntad política - con respecto a la utilización del petróleo como un instrumento efectivo de transformación estructural - de la economía. 26/

3.1. IDENTIFICACION DE LOS OBJETIVOS Y METAS PARA EL SECTOR NUCLEAR DENTRO DEL PLAN GLOBAL DE DESARROLLO.

Entre las acciones que el actual ejecutivo federal ha promovido para buscar una modernización y mejorar la administración pública en todos los niveles, se plantean tres orientaciones fundamentales: - la reforma política, que tiene que ver con la posibilidad de acelerar el proceso de democratización -

25/ Op. Cit. Estudio del IMP.

26/ Villareal René, Ensayo, El Economista Mexicano Vol. XV, No. 2 Marzo-abril 1981,

en términos reales; la reforma administrativa, que busca la eficacia y la eficiencia del sistema burocrático mexicano, y la reforma económica, que trata de coordinar los esfuerzos de los factores reales - del país dentro de un esquema de independencia nacional, procurando un crecimiento alto y sostenido - que permita dotar a la mayor parte de la población - de empleo y de los mínimos de bienestar, que una na ción organizada debe proveer. 27/

Como instrumento primordial de este proceso de reforma, el Plan Global de Desarrollo (PGD) propone un Sistema Nacional de Planeación del Desarrollo, - entendiendo la planeación como una "técnica que se - orienta a transformar la realidad social y, por -- ello se debe concebir como un proceso fundamental-- mente político". 28/

Un aspecto político de dicho plan, lo constituye el hecho de haberse apoyado en los diferentes - planes y programas sectoriales en su intento de - - avanzar en la construcción de ese Sistema Nacional - de Planeación.

En términos de estrategia, las acciones del go bierno federal estarán orientadas en función de los siguientes objetivos primordiales:

27/ Secretaría de Programación y Presupuesto. - - Plan Global de Desarrollo 1980 - 1982. México - 1980.

28/ Ibidem.

- Reafirmar y fortalecer la independencia de México como nación democrática, justa y libre en lo económico, lo político y lo cultural.
- Proveer a la población empleo y mínimos de bienestar, atendiendo con prioridad las necesidades de alimentación, educación, salud y vivienda.
- Promover un crecimiento económico alto, sostenido y eficiente.
- Mejorar la distribución del ingreso entre los factores de la producción y las regiones geográficas.

Desde el punto de vista de su perspectiva, en el tiempo se han fijado propósitos de la estrategia en el mediano y el largo plazos, procurando un crecimiento equilibrado entre sectores y regiones que permita accionar todas las potencialidades del país y apoyar a los sectores productores de bienes básicos, social y nacionalmente necesarios, dando prioridad a las actividades con mayor potencial para generar empleos en forma permanente y productiva.

En este sentido, los energéticos y en especial el petróleo quedan estrechamente ligados a la viabilidad de la estrategia. Es así como en el propio Plan Global de Desarrollo se asienta que "no se trata de aplicar una política petrolera de crecimiento, sino una política de desarrollo que se sirve del petróleo".

A través de esta estrategia se pretende modernizar al país, disminuir el problema de la margina-

ción social y fortalecer el modelo propio de crecimiento y distribución del producto que se ha elegido.

Para tales efectos, se asentaron veintidos políticas básicas que constituyen la estrategia; por lo menos ocho de ellas están íntimamente ligadas al desarrollo de los energéticos, sin dejar de afirmar que en última instancia todas están interrelacionadas entre sí y condicionadas con las políticas que se sigan en el sector industrial en general, y de la energía en particular. Las políticas básicas a que se hace referencia son las siguientes:

- Modernizar los sectores de la economía y la sociedad.
- Generar empleo, en un ambiente digno y de justicia, como propósito básico de la estrategia. Se propone crear 2.2 millones de nuevos puestos de trabajo, entre 1980 y 1982.
- Consolidar la recuperación económica, logrando, por lo menos, un crecimiento del producto interno bruto de 8% durante 1980-1982.
- Reorientar la estructura productiva hacia la generación de bienes básicos y a la creación de una industria nacional de bienes de capital.
- Utilizar el petróleo como palanca de nuestro desarrollo económico y social, canalizando los recursos que de él se obtengan a las prioridades de la política de desarrollo.
- Obtener una mejora en el nivel de vida de la población, mediante un incremento sustan-

cial del consumo, a través del empleo productivo.

- Impulsar la capacitación y la organización social para el trabajo.
- Establecer una vinculación eficiente con el exterior, que estimule la modernización y la eficiencia del aparato productivo.

Es tan importante la variable energética para cualquier proceso de desarrollo económico de un país, que el gobierno mexicano incluyó como parte de la política energética, una propuesta ante la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para que se establezca un Plan Mundial de Energía, que asegure la transición adecuada, progresiva, integral y justa entre la época del petróleo y la que se habrá de basar en nuevas fuentes de energía. México cuenta para esto con la ventaja de que uno de sus supuestos básicos es la coexistencia de los sectores público, social, y privado a través de un sistema de economía mixta y que corresponde exclusivamente al Estado la explotación de los hidrocarburos y la energía nuclear y eléctrica.

Dentro del capítulo de exploración correspondiente al apartado de política de energéticos asentado en el Plan Global de Desarrollo se habla de continuar con los esfuerzos de localización de los recursos y reservas de energéticos primarios, lo cual debe de hacerse en mayor medida para las fuentes diferentes a los hidrocarburos. En este sentido se cree conveniente acelerar los trabajos de exploración de nuevos yacimientos de carbón, uranio y fuentes geotérmicas.

En lo referente al consumo, se habla de reorientar a la industria nacional hacia el uso de gas natural, teniendo cuidado de que los precios correspondan al costo social que implica obtener este producto. Por otra parte, se pretende optimizar el uso de la energía fomentando el transporte colectivo y la electrificación de los ferrocarriles, revisando la estructura de precios modificándola en tal forma que provoque ahorros considerables de energía sobre todo en la industria y los servicios, además de revisar el sistema de tarifas de consumo doméstico.

Por lo que respecta a los precios, se implica que debe fijarse una política adecuada de precios internos y externos que permita cumplir con el objetivo de financiamiento del sector y apoyo a otros sectores y como apoyo a la racionalización del consumo. También se considera que esta estructura de precios internos debe incluir el costo que resultará del proceso de diversificación de fuentes de energéticos primarios para la generación de energía eléctrica. Por otra parte, cuidar que el fomento de industrialización de los energéticos se constituya en un estímulo a la exportación de manufacturas, pero previendo que el diferencial de precios con respecto al exterior no sea exagerado.

En materia de investigación, en el PGD, se da prioridad a aquellos tipos de desarrollo que ahorren energía, tanto para uso industrial como doméstico y a los que impliquen reducir la dependencia del exterior sobre todo aquellos que se refieren a los componentes principales de los reactores nucleares. Se insiste en que se debe avanzar en el estudio del uso de fuentes de energía no convencional,

Como principal señalamiento en materia de industrialización se asienta que se debe impulsar la producción de bienes de capital para poder apoyar el objetivo programático de aumentar un 25% la capacidad de refinación de los hidrocarburos y poder atender la demanda proveniente de los esfuerzos tendientes a diversificar las fuentes de energía.

Vale la pena en este momento, reproducir textualmente algunos de los señalamientos relativos al sector industrial que se hacen en el Plan Global de Desarrollo, ya que constituyen el marco de referencia en el que trataremos de ubicar la proposición de criterios que permitan tomar la decisión de producir energía de origen nuclear en México.

- El sector industrial generará los recursos petroleros que contribuirán a proporcionar los medios adicionales para crear empleos por encima del crecimiento de la población y aumentar, simultáneamente, el ahorro, la inversión y el consumo socialmente necesario.
- El sector industrial impulsará la modernización de la economía, a través de un nuevo esquema de desarrollo industrial, a partir de la política de energéticos y por medio de la creación de sistemas agroindustriales-alimenticios y energéticos-recursos minerales que aprovechen íntegramente las materias primas, vinculados por la industria de bienes de capital.
- El impulso de la producción de bienes de capital, ligada a una sólida industria siderúrgica

gica, permitirá una mayor autonomía tecnológica, pero sobre todo es la que, después del petróleo hará posible independizar la estructura industrial del país del ciclo económico del exterior y dará, también capacidad de importar.

- La producción industrial tendrá un crecimiento alto, impulsado tanto por la demanda externa como interna, lo que permitirá duplicar el aparato industrial en siete años.
- Avanzar hacia la autodeterminación tecnológica, a través del desarrollo de tecnologías propias, congruentes con la dotación de factores y a la modificación de aquellas que estando disponibles a nivel mundial pueden adaptarse a las condiciones del país.
- El eje de la estrategia industrial es el potencial financiero que brindan los recursos derivados de la exportación de hidrocarburos conforme a la plataforma definida, lo que proveerá al país de una mayor autodeterminación financiera.
- La plataforma de producción y exportación del petróleo se fijará en una capacidad de producción de 2.5 millones de barriles diarios de crudo, con un rango de flexibilidad del 10% para garantizar el suministro interno, las metas de exportación y dar así capacidad de respuesta al país para resolver cualquier riesgo y cualquier eventualidad, sin rebasar la cifra de 2.7 millones de barriles diarios.

- El crecimiento real anual promedio del sector industrial, incluyendo minería, petróleo y petroquímica, manufacturas, electricidad y construcción, será del 10.8% durante el período 1980-1982, dentro de éste la producción de manufacturas crecerá alrededor de 10% real anual.
- En el sector energético, petróleo y petroquímica crecerán alrededor de 14.0%, este crecimiento sin precedente estará basado en la demanda interna y en las fuertes exportaciones de crudo.
- El sector eléctrico deberá crecer al 10.7% - para abastecer en forma oportuna y suficiente la demanda interna.
- Las empresas del Estado contribuirán a la formación de capital en ramas estratégicas de la economía, particularmente energéticos, petroquímica básica, siderurgia y fertilizantes.
- Se continuará con la política de fomento a la inversión en las zonas designadas como prioritarias a través de descuentos en los precios internos de energéticos. Con ello aumenta la capacidad competitiva de la industria al otorgarle un margen sustancial de protección, vía costos de los insumos, estableciendo adicionalmente un impulso directo a la exportación.
- Se intensificarán los esfuerzos para apoyar el desarrollo de la pequeña y mediana industria a fin de mejorar su posición económica.

- Se inducirá a la gran industria a transferir su tecnología y a mejorar los patrones de calidad de la empresa más pequeña.
- Será diseñado un régimen de apoyo que fomente la expansión de servicios de ingeniería y consultoría dentro del marco de un esquema de apoyo integral a la industria.

3.2 INTERRELACION ENTRE EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL, EL PROGRAMA DE ENERGIA Y EL PROGRAMA NUCLEO--ELECTRICO NACIONAL

En la presentación del Plan Nacional de Desarrollo Industrial se hacen varias declaraciones de principios que se deben tomar en cuenta para el análisis de la alternativa nuclear dentro del programa energético, tales como:

1.- El desempleo es el obstáculo más importante a vencer, y su eliminación se define como un requisito indispensable para la satisfacción de las demandas básicas de la población (política de mínimos de bienestar en términos del Plan Global de Desarrollo) y para la conformación de una estructura social sólida, equilibrada y justa.

2.- Es condición fundamental actuar dentro de un esquema de PROGRAMACION que permita ordenar el crecimiento mediante prioridades sectoriales tanto en el espacio como en el tiempo. Esto permitirá invertir el clásico círculo vicioso de la pobreza en-

un círculo de desarrollo, al buscar tasas elevadas de crecimiento, las que impliquen incrementos en la producción, los que a su vez provean de empleo, pero cuidando que no se produzcan desequilibrios en otras esferas de la economía.

3.- Se debe contar con un marco normativo de coherencia sectorial y global que permita eslabonar las decisiones de inversión y producción en el tiempo.

4.- México necesita disponer de sus propios recursos para definir, conforme a sus necesidades y sus políticas, las metas a alcanzar.

5.- México es un país rico en hidrocarburos y otros energéticos, con una infraestructura y una industria razonablemente diversificadas y que dispone de recursos humanos abundantes.

6.- El Plan Nacional de Desarrollo Industrial se apoya en un pivote constituido por una plataforma de producción petrolera que garantiza un adecuado equilibrio entre el abastecimiento del consumo interno y las exportaciones.

7.- El programa de inversiones de las empresas estatales básicas se debe guiar por las siguientes pautas y prioridades sectoriales.

- EQUIPOS Para Exportar
- Para Perforar
- Para Transformar
- Para Transportar

- MATERIAS PRIMAS Y COMPONENTES PARA LA FABRICACION DE LOS EQUIPOS.
- ENERGIA
 - Hydroeléctrica
 - Carboeléctrica
 - Geotérmica
 - Solar
 - Eólica
 - Otras
- INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE.
- ALIMENTOS.
- FERTILIZANTES.

8.- Es posible pensar en alcanzar tasas de desarrollo económico crecientes y sostenidas que vayan del 8 al 10% anual.

9.- Lo anterior implica tasas de crecimiento industrial del orden del 12% anual.

10.- Los sectores de bienes de capital y petroquímica en consecuencia, deberán crecer entre el 18 y el 20%.

11.- La industria para florecer requiere de una masa urbana mínima, que ya existe en diversas ciudades de tamaño medio.

12.- Se dará preferencia al fomento de las siguientes industrias:

Agroindustria -----	Producción de alimentos
	Desarrollo rural
Bienes de capital -----	Formación de capital
	Desarrollo tecnológico
Pequeña y mediana industria -----	Generación de empleo
	Desconcentración económica

13.- El Plan Nacional de Desarrollo Industrial contempla una política de fomento a través de la cual se pretende alentar ciertas ramas industriales en determinadas regiones que así lo requieran, mediante un sistema completo de estímulos que incluye descuentos en el precio de energéticos y apoyos fiscales, de financiamiento y de protección arancelaria.

14.- Los estímulos que se otorguen operarán sobre la base de una concertación de acciones con el sector privado y social a través de los llamados Programas de Fomento.

15.- El Plan Nacional de Desarrollo Industrial prevé el establecimiento de canales de comunicación ágiles y permanentes entre las autoridades y los organismos del sector privado y social con la finalidad de:

- Identificar productos prioritarios específicos.
- Fijar metas de producción más racionales.

- Evitar el surgimiento de cuellos de botella.
- Orientar la inversión hacia una estructura industrial más productiva.

En relación con el problema del empleo, el Plan Nacional de Desarrollo industrial plantea como meta la elevación programada del mismo a una tasa superior al 5 por ciento anual a mediano y largo plazos, lo cual se estima se puede lograr si se cumplen las metas de hacer crecer el producto a tasas superiores al 7% anual hasta llegar a tasas del orden del 10% en 1982, las cuales se deberán mantener constantes durante el resto del decenio. Haciendo un cálculo conservador se estima que la rama de hidrocarburos contribuirá en más de un punto en la obtención de dichas tasas.

Por otro lado, se piensa que la industria podría absorber hasta un 30% de incremento anual en el empleo de acuerdo con las metas establecidas por el plan. Esto implicaría tasas de crecimiento anual del producto industrial superiores en promedio en 2 puntos al crecimiento del PIB y con la consigna de alcanzar mayores tasas de crecimiento en las ramas de bienes de capital y petroquímica.

En el propio Plan de Desarrollo Industrial se define la rama de hidrocarburos como el elemento catalizador del crecimiento industrial, no sólo por el efecto directo en la producción de energéticos sino por sus efectos hacia atrás derivados de las inversiones realizadas y hacia adelante en función de nuevos proyectos. El papel que tengan los hidrocarburos en la estructura del comercio exterior de México será de primera magnitud, pero deberá cuidarse el aspecto de impulsar la exportación de manufag

turas y otros bienes y servicios que diversifiquen dicha estructura e impidan la posibilidad de volver se un país petrolizado o monoexportador de petróleo.

En cuanto al desarrollo del mismo sector energético, nos encontramos que éste tendrá que utilizar parte del excedente financiero proveniente del petróleo en virtud de que se tendrá que disponer de cantidades considerables de energía para sostener un proceso de rápida industrialización en el corto y mediano plazos. Esto requerirá que las estimaciones que se hagan de la existencia de hidrocarburos sean cada vez más precisas a fin de que se ajuste mejor el programa energético al Plan Nacional de Desarrollo Industrial y al Plan Global de Desarrollo.

Para el establecimiento de las metas y previsiones del plan se trabajó en dos tipos de proyecciones, la trayectoria base (TB) y la trayectoria del plan (TP), los cuales se derivaron de un modelo multisectorial dinámico que consideró cuarenta y cinco ramas de actividad, treinta y tres de ellas industriales.

A continuación se destacan algunos de los principales supuestos que se utilizaron, principalmente aquellos que se relacionan más directamente con el sector energético.

- Establecimiento de una plataforma de extracción de petróleo crudo y de líquidos de absorción del orden de 2.250 millones de barriles diarios. A partir de este nivel la producción únicamente aumentaría para satisfacer la demanda interna, permaneciendo cons--

tante el volumen de exportaciones.

- El PIB debería alcanzar una tasa media de aumento cercana al 7% durante los años de 1979 a 1982, con una contribución del producto petrolero en un punto a dicha tasa de creci- - miento.
- De 1979 a 1982 la formación bruta de capital fijo sería en promedio al 10% anual, a un mayor ritmo que la demanda agregada.
- En 1982 el ahorro interno total deberá exceder la formación bruta de capital y alrededor del 8% de dicho ahorro deberá servir para financiar inversiones en el exterior. Esta tendencia deberá mantenerse durante la década de los ochenta.
- Durante el período 1977-82 la inversión pública debería observar tasas de crecimiento anual medio de 13% y la inversión privada - del 9%.
- La formación de capital de las empresas para estatales debería crecer en 14% durante el - período 1977-82. Dentro de este conjunto - la inversión en el sector de energéticos, - que representa en promedio tres cuartas partes, debería crecer en 13% y la del resto de las empresas en 17%.

Según los expertos que elaboraron el modelo - propuesto, la inversión privada parece reaccionar - más que proporcionalmente a las variaciones de la -

demanda pero con un rezago aproximado de tres años, por lo que se hace necesario que la economía crezca de manera sostenida durante períodos largos para - que el fortalecimiento de los mercados internos incida favorablemente en los planes de inversión.

Durante el mismo período 1977-82, la importación de bienes de capital deberá haber crecido a - una tasa anual de 9% aunque se supone que debió haber crecido más rápidamente durante 1979-80 por causa de los programas de inversión de la rama de hidrocarburos.

Desde el punto de vista de balanza de pagos, - la trayectoria base prevé un superávit en cuenta corriente de 3.4 miles de millones de dólares en - 1982 y de 5.9 miles de millones en 1990 que equivaldrán al 1.8 y 0.8% del PIB estimado para dichos años a precios corrientes. Se supone que habría superávit en cuenta corriente a partir de 1981 y la participación de las exportaciones de petróleo en la estructura de exportaciones empezaría a descender en términos relativos a partir de 1982 de acuerdo con el cuadro que sigue

CUADRO No. 2

PARTICIPACION PROYECTADA DEL PETROLEO EN LA ESTRUCTURA DE EXPORTACIONES DE MEXICO DE ACUERDO CON LA TRAYECTORIA BASE DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL.

(Miles de millones de dólares, precios corrientes).

Años	Exportación Total de bienes y servicios	%	Exportación de Petróleo	%
1975*	5.859	100.0	0.420	7.17
1978	9.148	100.0	1.802	19.7
1979	12.236	100.0	3.548	28.3
1980	15.451	100.0	5.320	34.4
1981	19.268	100.0	7.370	38.2
1982	22.529	100.0	8.445	37.5
1983-85**	28.036	100.0	9.355	33.4
1986-90**	46.400	100.0	11.388	24.5

FUENTE: BPFI, TRAYECTORIA BASE, MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO CUADRO Y CUENTA CORRIENTE DE LA BALANZA DE PAGOS, PNDI.

* / DATOS HISTORICOS

** / PROMEDIO ANUAL DEL PERIODO

De acuerdo con esta proyección, si se hubieran excluido las exportaciones de hidrocarburos, en 1982 se esperaba un saldo negativo en cuenta corriente que puede representar hasta un 3.2% del producto esperado para el mismo año. Esto quiere decir que el sector externo, sin los ingresos del petróleo llegaría a un desequilibrio tal que llevaría al país hasta su límite de capacidad de endeudamiento.

En lo relacionado con la estructura actual de los precios internos de los combustibles fósiles, es evidente que éstos han estado siempre por debajo de los precios internacionales, de acuerdo con las medidas proteccionistas de cada época. Sin embargo, a partir de la devaluación de 1976 las diferenciales de precios se han incrementado aún más. En este sentido, se consideró que se debería continuar con la política de suministrar energéticos baratos como un mecanismo legítimo para lograr niveles de competitividad internacional. A pesar de esto, a últimas fechas tuvo que ajustarse el precio de las gasolinas Nova, y Extra en 114.0% y 42.9% respectivamente en virtud del excesivo e irracional consumo que se hace de estos combustibles en el mercado interno.

De igual forma se tendrán que ajustar gradualmente los precios internos de los combustibles industriales, de manera que en el plazo medio se aproximen a los precios internacionales pero cuidando que siempre exista un margen favorable para la industria mexicana.

Los requerimientos adicionales de inversión en

actividades productivas 1979-82 de acuerdo con la trayectoria del plan serían del orden de 130 mil millones de pesos a precios de diciembre de 1978, lo que significaría un incremento sobre la inversión autónoma y programada del 12.4%. De estos las ramas de electricidad requeriría del orden de 24 000 millones de pesos sobre la misma base de precios de 1978 lo cual representaría un incremento, del orden de 18.3% para dicho sector.

De la serie de datos que constituyen la trayectoria base y la trayectoria del plan, resumidos en los siguientes cuadros la participación del sector energético en las previsiones y programas que se establecen en el modelo elaborado por los técnicos de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial,

CUADRO No. 3

CUADRO COMPARATIVO DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL PARA LAS RAMAS: PETROLEO Y PETROQUIMICA, MANUFACTURAS Y ELECTRICIDAD.

CONCEPTO	TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL (%)															
	75/70		78/77		79/78		80/79		81/80		82/81		85/82		90/85	
	I B	I P	I B	I P	I B	I P	I B	I P	I B	I P	I B	I P	I B	I P	I B	I P
PRODUCTO INTERNO BRUTO TOTAL	5.4	5.4	6.5	6.5	7.1	7.1	6.8	8.2	6.4	9.5	6.9	10.6	6.4	10.2	6.4	10.5
PETROLEO Y PETROQUIMICA BASICA	6.3	6.3	36.5	36.5	38.4	38.3	22.6	24.6	19.2	22.0	5.8	8.9	3.3	6.7	3.9	8.3
MANUFACTURAS	5.1	5.1	6.4	6.4	6.6	6.6	6.4	8.2	5.6	9.7	7.4	12.4	7.0	12.1	6.5	10.8
ELECTRICIDAD	5.9	5.9	9.0	9.0	10.0	9.9	9.7	11.1	9.1	12.5	10.6	14.7	10.5	14.5	10.3	14.0

FUENTE: SPII; MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO. CUADRO 1

DATOS HISTORICOS

N.B. LAS TASAS DE CRECIMIENTO SE CALCULARON A PRECIOS DE 1975.

CUADRO No. 4

CUADRO COMPARATIVO DE LA PARTICIPACION ESPERADA EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO PARA LAS RAMAS ECONOMICAS PETROLEO Y PETROQUIMICA; MANUFACTURAS Y ELECTRICIDAD.

RAMAS ECONOMICAS	PARTICIPACIONES (EN PORCENTAJES)					
	1975*		1982		1990	
	T B	T P	T B	T P	T B	T P
PRODUCTO INTERNO BRUTO	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
PETROLEO Y PETROQUIMICA	2.8	2.8	7.7	7.6	6.2	6.3
MANUFACTURAS	23.2	23.2	22.9	23.4	23.3	25.1
ELECTRICIDAD	0.8	0.8	1.0	1.0	1.4	1.3

FUENTE: SPFI. MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

*/ Datos históricos.

CUADRO No. 5

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA REMUNERADA POR SECTORES.

(En Porcientos)

SECTORES	PARTICIPACIONES (%)					
	T B	T P	T B	T P	T B	T P
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA REMUNERADA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SECTOR PRIMARIO	35.0	35.0	29.7	29.2	22.3	19.0
SECTOR INDUSTRIAL	27.6	27.6	28.6	28.7	28.7	28.0
SECTOR COMERCIO Y SERVICIOS	37.4	37.4	41.7	42.2	48.9	52.9

FUENTE: SPFI. MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

*/ DATOS HISTORICOS.

CUADRO No. 6

PARTICIPACION DE PEMEX Y CFE EN LA INVERSION EN FORMACION BRUTA DE CAPITAL FIJO.

(En Porcientos)

AÑOS	PARTICIPACIONES EN EL TOTAL					
	TRAYECTORIA BASE			TRAYECTORIA DEL PLAN		
	Inversión Total	Inversión Pública	Inversión** Pemex y CFE	Inversión Total	Inversión Pública	Inversión** Pemex y CFE
1975 [†]	100.0	37.0	14.9	100.0	37.0	14.9
1978	100.0	38.3	20.1	100.0	38.3	20.1
1979	100.0	39.1	19.7	100.0	39.1	19.7
1980	100.0	40.4	21.7	100.0	40.4	22.7
1981	100.0	40.1	20.2	100.0	39.2	20.6
1982	100.0	40.1	19.3	100.0	37.8	19.0
1985	100.0	39.0	16.7	100.0	38.0	15.8
1990	100.0	41.4	13.9	100.0	46.6	11.4

FUENTE: SPFI, MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

†/ DATOS HISTORICOS

**/ INCLUYE LA INVERSION ADICIONAL REQUERIDA POR EL PLAN EN ESTAS RAMAS.

CUADRO No. 7

CUADRO COMPARATIVO DE LA PARTICIPACION ESPERADA DE LAS RAMAS PETROLEO-PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD EN LA FORMACION BRUTA DE CAPITAL FIJO DE LAS EMPRESAS PUBLICAS.*

(Miles de millones de pesos, Precios de 1975)

AÑOS	1 PETROLEO Y PE TROQUIMICA		2 ELECTRICIDAD		1 + 2		T O T A L	
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%
1970**	3.950	17.9	9.193	41.6	13.143	59.5	22.099	100.0
1975**	13.917	25.7	19.404	35.9	33.321	61.6	54.058	100.0
1978	33.973	53.6	14.059	22.2	48.032	75.8	63.425	100.0
1979	36.124	51.6	14.870	21.2	50.994	72.8	70.060	100.0
1980	45.915	56.8	15.850	19.6	61.765	76.4	80.801	100.0
1981	44.410	54.1	16.540	20.1	60.950	74.2	82.122	100.0
1982	45.515	52.2	18.352	21.0	63.867	73.2	87.208	100.0
1985	48.804	47.7	23.639	23.1	72.443	70.8	102.210	100.0
1990	51.440	39.8	37.944	29.4	89.384	69.2	129.205	100.0

FUENTE: BPFÍ, MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

#/ EN ESTE CUADRO LA TRAYECTORIA BASE ES IGUAL A LA TRAYECTORIA DEL PLAN

**/ DATOS HISTORICOS

CUADRO No. 8

CUADRO COMPARATIVO DE LAS PROYECCIONES DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION UTILIZADA POR LAS RAMAS PETROLEO-PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD.
(En Porcientos)

A Ñ O S	PETROLEO Y PETROQUIMICA		ELECTRICIDAD	
	T B	T P	T B	T P
1970*	100.0	100.0	90.3	90.3
1975*	93.6	93.6	99.7	99.7
1978	88.2	88.2	92.9	92.9
1979	92.3	92.2	97.1	97.1
1980	92.5	93.9	96.9	98.2
1981	89.5	93.1	97.2	100.1
1982	82.0	88.2	97.4	102.0
1985	65.0	77.9	96.4	104.9
1990	54.0	80.6	95.2	110.3

FUENTE: SPFI, MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

* / DATOS HISTORICOS.

CUADRO No. 9

CUADRO COMPARATIVO DE LAS PROYECCIONES DE LA POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA REMUNERADA DE LAS RAMAS PETROLEO-PETROQUIMICA Y -
ELECTRICIDAD.

(Miles de Personas)

A Ñ O S	TRAYECTORIA BASE								TRAYECTORIA DEL PLAN							
	1		2		3		4		1		2		3		4	
	PETRO-- LEO Y - PETRO-- QUIMICA		ELECTRI- CIDAD		(1+2)		TOTAL		PETROLEO Y PETROQUIMI CA		ELECTRI- CIDAD		(1+2)		TOTAL	
	ABS	%	ABS	%	ABS	%	ABS	%	ABS	%	ABS	%	ABS	%	ABS	%
1970	89.259	0.8	53.782	0.5	143.141	1.3	11 749.332	100.0	89.259	0.8	53.782	0.4	143.041	1.2	11 749.332	100.0
1975	107.943	0.8	67.459	0.5	175.402	1.3	13 494.945	100.0	107.943	0.8	67.459	0.5	175.402	1.3	13 494.945	100.0
1976	119.819	0.8	77.777	0.6	197.586	1.4	14 229.102	100.0	119.820	0.8	77.777	0.6	197.586	1.4	14 229.133	100.0
1979	124.192	0.9	80.405	0.5	204.597	1.4	14 675.328	100.0	124.201	0.9	80.405	0.5	204.606	1.4	14 674.117	100.0
1980	132.533	0.9	83.032	0.5	215.565	1.4	15 119.121	100.0	132.002	0.9	83.032	0.5	215.034	1.4	15 172.219	100.0
1981	139.133	0.9	85.660	0.5	224.793	1.4	15 606.090	100.0	138.290	0.9	85.660	0.5	223.950	1.4	15 799.996	100.0
1982	149.300	0.9	88.288	0.6	237.648	1.5	16 197.383	100.0	148.016	0.9	88.288	0.5	236.904	1.4	16 610.125	100.0
1985	164.689	0.9	97.116	0.5	261.805	1.4	18 073.812	100.0	165.487	0.9	97.116	0.5	262.603	1.4	19 431.102	100.0
1990	189.839	0.9	111.836	0.5	301.675	1.4	22 236.621	100.0	196.420	0.7	111.836	0.4	308.256	1.1	26 866.301	100.0

FUENTE: SPEI, MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

▾ DATOS HISTORICOS

NOTA: LOS PORCENTAJES SE REFIEREN AL TOTAL DE LA PIAR.

CUADRO No. 10

CUADRO COMPARATIVO DEL NUMERO DE EMPLEOS QUE SE REQUERIRA CREAR ANUALMENTE EN LAS RAMAS DE-
PETROLEO-PETROQUIMICA Y ELECTRICIDAD

(Miles de Personas)

AÑOS	TRAYECTORIA BASE			TRAYECTORIA DEL PLAN		
	PETROLEO Y PETROQUIMICA	ELECTRICIDAD	TOTAL NACIONAL	PETROLEO Y PETROQUIMICA	ELECTRICIDAD	TOTAL NACIONAL
1970-75*	3.737	2.736	349.123	3.737	2.736	349.123
1975-78**	3.957	3.440	244.719	3.959	3.440	244.730
1978-79	4.373	2.628	446.226	4.381	2.628	444.984
1979-80	8.341	2.627	443.793	7.801	2.627	498.102
1980-81	6.600	2.628	486.969	6.288	2.628	627.777
1981-82	10.227	2.628	591.293	10.326	2.628	810.129
1982-85**	5.110	2.943	625.477	5.624	2.943	940.326
1985-90**	5.030	2.944	832.562	6.187	2.944	1 487.040

FUENTE: BPF I. MODELO INDUSTRIAL DE MEXICO

* / PROMEDIO ANUAL PARA EL PERIODO, CALCULADO CON DATOS HISTORICOS

** / PROMEDIO ANUAL ESTIMADO PARA TODO EL PERIODO.

Después de hacer una breve descripción de las argumentaciones, políticas, instrumentos y metas - que contiene el Plan Nacional de Desarrollo Industrial, trataremos de ligarlo con el Programa de - - Energía.

Los trabajos realizados en la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo Industrial hicieron posible que se desagregara y se profundizará más en - uno de sus elementos fundamentales, el Componente Energético.

Al definir la energía como una palanca de desarrollo, se trató de integrar en un todo el conjunto de políticas y lineamientos que habían venido desarrollándose en materia energética, de donde resultó el actual programa de energía. Dicho Programa quedó enmarcado dentro del Plan Global de Desarrollo - ajustándose a los objetivos de los planes sectoriales especialmente el del Empleo, el de Desarrollo Urbano y fundamentalmente el de Desarrollo Industrial, que ha sido tratado ampliamente en párrafos anteriores.

El Programa fija metas para el año 1990 con miras a proyectarse hacia el año 2000, señalando - los siguientes objetivos específicos:

- Garantizar el abastecimiento oportuno y adecuado de energía para alimentar el desarrollo económico integral e independiente de México.
- Racionalizar el uso de los energéticos y diversificar sus fuentes primarias.
- Expandir la producción de energéticos en fun

ción de las necesidades del desarrollo general del país y no del volumen de reservas - per se.

- Ampliar la capacidad industrial del sector energético.
- Estimular la fabricación de bienes de capital utilizados por las entidades generadoras de energía (PEMEX, CFE, Empresas Mineras - etc.)
- Utilizar la exportación de hidrocarburos para diversificar el comercio exterior de México.
- Obtener tecnología.
- Mejorar la capacidad de negociación para obtener condiciones de financiamiento más ventajosas para México.

Es importante precisar que para que México pueda lograr una tasa de crecimiento sostenido igual o mayor al 8%, el tamaño del sector eléctrico deberá - por lo menos triplicarse cada 10 años de aquí en adelante.

Una circunstancia que no debe perderse de vista al se pretende experimentar con otras fuentes energéticas es el tiempo de maduración de este tipo de proyectos que es del orden de 10 o más años. Si se sigue posponiendo la toma de decisión, esto puede comprometer seriamente el futuro energético del país.

Los instrumentos de que se vale el Programa para el logro de sus metas son:

- Ejercicio ágil y oportuno del gasto público.
- Política de precios de los energéticos.
- Formación y capacitación de los recursos humanos.

En relación con la diversificación de las fuentes de energía, el esfuerzo que se dedique durante los próximos 10 años será clave para evitar caer en una situación de excesiva dependencia de los hidrocarburos. La hipótesis fundamental de esta tesis es que la alternativa en corto plazo está en la generación de electricidad y más concretamente en la del sector nuclear.

Esto implica que de inmediato se intensifiquen los trabajos de exploración, definición y evaluación de las reservas de recursos energéticos con que cuenta el país, con el objeto de contar con una base informática confiable que permita sustentar técnicamente los actuales intentos de planeación y programación económica nacional.

Para lo anterior, se deberá asignar una cantidad considerable de recursos para el fomento del estudio de dichas reservas, así como en materia de investigación científica y tecnológica. Otro aspecto urgente lo constituye la inminente necesidad de formación de cuadros técnicos a todos niveles, así como establecer programas mínimos de capacitación de mano de obra especializada.

Con el objeto de evitar la posibilidad de convertirse en un país monoexportador, el Programa establece un tope máximo de 1.5 millones de barriles diarios y de 300 millones de pies cúbicos al día de gas natural destinados a la exportación y cuidando-

que los ingresos por este concepto no rebasen el 50% de las divisas que entran al país. Por otra parte, como una especie de control de seguridad que permita diversificar los flujos de comercio exterior se aplican dos criterios de carácter general:

- i) Evitar la concentración de más del 50% de las exportaciones mexicanas de hidrocarburos en un sólo país.
- ii) Mantener en menos del 20% la participación de las exportaciones mexicanas en el total de las importaciones de crudo y productos petrolíferos en cualquier país. Aquí se hace la excepción por políticas regionales que ha establecido el gobierno de México con los países de Centroamérica y el Caribe, a los cuales puede abastecer hasta en un 50% de sus importaciones de Hidrocarburos.

Bajo ésta la tesis de exportar 1.5 millones de barriles diarios de petróleo y de 300 millones de pies cúbicos de gas natural se supone que las necesidades de divisas estarán satisfechas y serán suficientes para lograr tasas de crecimiento del PIB iguales o mayores al 8% durante los próximos 15 años.

En el caso del sector eléctrico el Programa propone una política de tarifas que le permita defender el poder adquisitivo de los consumidores de bajos ingresos y dar cierto grado de protección a la industria a través de costos menores a los internacionales.

En el Programa de Energía se hace la siguiente consideración; durante los años ochenta el creci-

miento de la demanda de electricidad tan sólo disminuirá marginalmente su relación histórica respecto al producto interno bruto. Se prevé que aumentará - entre 12 y 13% anual.

La magnitud del mercado de maquinarias y equipo eléctrico hace posible establecer una industria nacional que opere a costos unitarios razonables.

En la elección de las plantas a instalar se tomarán en cuenta, entre otros factores, los costos a largo plazo de la generación.

Los estudios a los que se hace referencia en el Plan Nacional de Desarrollo Industrial indican que, considerando los precios internacionales de los combustibles, las distintas fuentes se ordenan, de menor a mayor costo por unidad de generación de la siguiente manera: geotermia, carbonífera, hidráulica, nuclear y térmica a base de hidrocarburos.

En virtud de los períodos largos de maduración de este tipo de proyectos, probablemente durante la presente década no llegue a cambiar sustancialmente la estructura energética del país, sin embargo, el grado de avance y diversificación que se logre durante la próxima década dependerá en gran parte de la magnitud, ritmo y composición de las inversiones que se realicen en ese mismo período.

El programa plantea pasos concretos de diversificación de las fuentes de energía primaria de acuerdo con el siguiente cuadro de metas que establece el programa para 1990.

CUADRO No. 11

BALANCE ESTIMADO DE FUENTES PRIMARIAS PARA 1990

ORIGEN	ENERGIA TWH	ESTRUCTURA	
		1990 %	1980 %
HIDROELECTRICIDAD	49.0	23.5	32.0
GEOTERMIA	4.2	2.0	2.0
CARBON	28.0	13.5	0.0
NUCLEAR	15.6	7.5	0.0
HIDROCARBUROS	111.2	53.5	66.0
T O T A L	208.0	100.0	100.0

De seguirse la tendencia de diversificación, - para el año 2000 se habrá logrado un mejor balance energético, considerando que para ese año se tiene planeado instalar una capacidad hidroeléctrica cercana a 28 600 MWe y nucleoelectrica del orden de - 20 000 MWe.

Desde el punto de vista de salvaguardar los intereses del país, y en razón a la importancia estratégica que ha alcanzado el petróleo y el gas natural en el mercado mundial, es más conveniente para México desarrollar la energía hidráulica, geotérmica, carbonífera y nuclear, por ser más económicas - que la generada a base de hidrocarburos.

Se estima, que según los cálculos realizados - por técnicos del sector eléctrico, para el año 2000 la demanda de energía eléctrica fluctuará entre - -

550,000 millones de Kw hora (550 TWH) si las condiciones son óptimas y 374,000 (374 TWH) si se considera la tendencia histórica.

Las consideraciones que se han hecho del Programa son las siguientes:

Hidroelectricidad.- México cuenta con una energía anual teórica susceptible de producirse del orden de 170,000 millones de Kw (170 TWH) de los cuales se piensa se pueden ganar 80,000 millones de Kw hora hidroeléctrica, pudiendo llegar en el año 2000 hasta la generación de 98 TWH.

Geotermia.- Actualmente se tiene una capacidad instalada del orden de 1,000,000 de Kw hora por año y se prevé ampliar la capacidad para finales de la presente década hasta 620 700 000 Kw hora y para finales del siglo se pretende alcanzar una producción de 20,000 millones de Kw hora de origen geotérmico.

Carbón.- Se espera alcanzar para el año 2000 - una generación de 40,000 millones de Kw hora de origen carboeléctrico de cero que se estaba produciendo en 1981 y de 8000 que se tienen proyectados para 1985.

Nuclear.- Como ya se ha mencionado anteriormente el programa fija una meta de 20 millones de Kw - para el año 2000. Por tal motivo en 1978 la Comisión Federal de Electricidad realizó un estudio con la participación de tres firmas constructoras extranjeras, Canadá, Suecia y Francia, poseedoras de tecnologías comerciales en materia nucleoeeléctrica, para determinar cuáles serán las implicaciones de desarrollar un proyecto del orden de 20,000,000 de Kw nucleoeeléctricos en operación.

Como un primer paso, en el pasado se tomó la decisión de instalar una planta en Laguna Verde, Ver., la cual se haya aún en etapa de construcción. Para apoyar esta primera acción, el ejecutivo federal ha autorizado iniciar el Programa Nucleoeléctrico en base a la licitación de las ofertas de algunos países poseedores de la tecnología nuclear.

La planta de Laguna Verde será la primera central nucleoeléctrica que se pretende entrará en operación en 1983. La tecnología que estamos tratando es difícil de asimilar.

En la actualidad, la primera UNIDAD de Laguna Verde, se encuentra en un 75% de avance y se estima que la primera carga de combustible se realizará a mediados de 1982 y el gran salto de entrar en operación comercial se efectuará a finales de 1983 o principios de 1984.

La experiencia de Laguna Verde ha contribuido a formar un grupo numeroso de ingenieros en las disciplinas de diseño, construcción, operación y control, aclarando que la participación de la Ingeniería mexicana en el proceso de diseño y construcción es cada vez más importante.

Desafortunadamente, dada la poca experiencia que existe en el campo nucleoeléctrico mexicano, el país se vió en la necesidad de comprar una planta "Llave en Mano" ^{29/} lo cual ha implicado que única-

^{29/} Esto en el argot nuclear quiere decir que se adquiere todo el paquete ya instalado con poca o ninguna participación nacional, lo que impide el proceso de transferencia de tecnología.

mente se esté adquiriendo destrezas en el ramo de la construcción y tal vez en el aspecto de diseño arquitectónico, dejando a un lado los aspectos de operación, control y seguridad.

Sin embargo, aunque la escala sea reducida son ya un par de cientos los ingenieros mexicanos que participan en la obra, algunas empresas se han empezado a interesar en la fabricación de componentes nucleares aunque en estos momentos no cuentan con la capacidad de satisfacer los requisitos de control y garantía de calidad que exigen las normas internacionalmente aceptadas. Esto es un paso obligado y es el precio que hay que pagar por el aprendizaje, claro está que hubiera sido deseable que Laguna Verde fuera un proyecto exclusivamente mexicano pero esto sería especular en el campo de las utopías tecnológicas.

La Licitación a que se ha hecho referencia anteriormente, contempla la posibilidad de tener varias alternativas posibles para iniciar el desarrollo de la etapa de generación de energía nuclear eléctrica.

Otro elemento importante en la decisión de que dicha licitación se haga por lo que se llama "la isla nuclear", a fin de que se pueda obtener información fehaciente, objetiva y directa por parte de los fabricantes de componentes de cuales son las líneas de producción que habrán de desarrollar en el futuro.

Según el director de la Comisión Federal de Electricidad, no menos de 150 ingenieros se incorporarán en el diseño de la isla nuclear con la respon

sabilidad total de los fabricantes en cuanto a la calidad de los productos.

La licitación será por una capacidad de 2300 - megawatts más o menos 13% en no menos de dos unidades ni más de cuatro. La razón de fijar esta capacidad es con el objeto de que concursen las tecnologías de agua pesada y agua ligera en condiciones semejantes y en función de las características de los siete fabricantes que serán invitados, quedando dentro de los rangos y estandares en lo que a normas y capacidad de los equipos se refiere.

Lo que se pretende no es adquirir un modelo novedoso, sino aquél que permita utilizar la capacidad de la industria nacional para la producción de bienes de capital y que se brinde la perspectiva en el mediano y largo plazo de integrar en no menos del 85% la fabricación nacional de componentes nucleoelectrónicos.

Las siete firmas que han sido invitadas a ofrecer sus tecnologías nucleares son:

E M P R E S A	PAIS DE ORIGEN	TIPO DE REACTOR	TECNOLOGIA
1 General Electric	EUA	BWR	Agua hirviente y uranio enriquecido.
2 Westinghouse	EUA	PWR	Agua presurizada y uranio enriquecido.
3 Combustion Engineering	EUA	PWR	Agua presurizada y uranio enriquecido.
4 Atomic Energy Canada LTD	CANADA	PHWR(CANDU)	Agua pesada y uranio natural
5 A.C. Atom	SUECIA	BWR	Agua ligera en ebullición y uranio enriquecido.
6 Framatome	FRANCIA	PWR	Agua ligera presurizada con uranio enriquecido.
7 Alemania Krap West Union	ALEMANIA	PHWR y PWR	Agua presurizada y uranio natural y enriquecido.

Las ofertas que presenten estas siete empresas serán sometidas a la consideración de la Comisión - Federal de electricidad, que contará con el apoyo y asesoría del Instituto Nacional de Investigaciones - Nucleares, Uranio Mexicano y la Comisión de Seguridad y Salvaguardias.

El sitio para el cual se están convocando las - ofertas es el de Laguna Verde, Ver., no porque se - vayan a instalar allí los 2300 megawatts solicita-- dos, sino porque es en ese lugar donde ya se cuenta con información fehaciente y efectiva haciendo más - fácil el trabajo de evaluación de las propuestas.

Uno de los requisitos fundamentales que debe-- rán contener cada una de las propuestas es el de - las condiciones y facilidades para transferir en - términos reales tecnología nuclear, sobre todo la - referente a la isla nuclear.

Más adelante veremos concretamente algunas de - las principales características de los tipos de - reactor que se ofrecen a México.

En conclusión, podemos decir que el Programa - de Energía es una combinación de un plan y un pro-- grama que se sustentan en los lineamientos genera-- les dados por el Plan Global de Desarrollo y que - prevé que la estrategia de valerse del petróleo co-- mo palanca de desarrollo podría llegar cuando mucho a los albores del siglo XXI y si no es ahora cuando se va a planear y a iniciar el desarrollo de otras - fuentes alternativas, se corre el grave riesgo de - no haber sabido aprovechar la circunstancia históri-- ca y de dejar en desequilibrio el stock de recursos de las generaciones futuras.

3.3 PROYECCIONES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO PARA EL PERIODO DE 1982 AL AÑO 2000

Para hacer un análisis global de los energéticos, es necesario convertir las diferentes formas de energía a una unidad común, en base a sus diferentes poderes caloríficos. En este caso se utilizó una medida del sistema métrico decimal referida al petróleo, por ser éste el energético básico del país; dicha medida es el "metro cúbico de petróleo crudo equivalente (MCPCE)". Esta medida representa el poder energético de un metro cúbico de petróleo medido de acuerdo con los productos obtenidos según los esquemas de producción de la industria petrolera mexicana en el período 1960-1968.

El cálculo se hizo convirtiendo a kilocalorías los productos obtenidos de las refinerías durante el período señalado y dividiendo esta cifra entre el total de barriles procesados de crudo en el mismo período. De ahí surgió el siguiente cuadro de equivalencias:

CONCEPTO	UNIDAD	PODER CALORIFICO (Kcal)	EQUIVALENCIA (MCPCE)
Petróleo Crudo Equivalente	Metro cúbico	8,065,754	1.00
Gasolinas	Metro cúbico	8,149,781	1.01
Kerosinas	Metro cúbico	8,841,828	1.10
Diesel	Metro cúbico	9,243,224	1.15
Gas licuado	Metro cúbico	6,613,937	0.82
Turbosinas	Metro cúbico	8,841,828	1.10
Combustóleo	Metro cúbico	10,019,441	1.24
Gas Seco	Mil metros cúbicos	8,457,876	1.05
Gas húmedo	Mil metros cúbicos	10,526,040	1.31
Carbón Mineral	Tonelada	4,986,072	0.62
Coque	Tonelada	6,667,920	0.82
Uranio	Gramo	19,599,782	2.42
Energía Eléctrica	Megavatio-hora	860,026	0.11

FUENTE: IMP, Energéticos: Panorama Actual y perspectivas, México 1974.

Para el análisis de la demanda nacional de - - energía se deben de considerar dos etapas:

- i) utilización de energía primaria.
- ii) utilización de energía secundaria.

Se llama energía primaria a la contenida potencialmente en todos los energéticos básicos en el momento que se incorporan a la economía.

Algunos de los energéticos primarios se consumen directamente pero otros como la energía eléctrica se convierten en diferentes formas de uso final. Se dice que durante esta conversión se presentan -- pérdidas de energía considerable.

Se le denomina energía secundaria a la que contiene potencialmente los energéticos cuando llegan al consumidor final.

A este respecto, cabe decir que la demanda de energía secundaria se incrementó de 19.766 millones de MCPCE en 1960 a 43.745 millones en 1972 y que - proyectado a 1982 alcanzará una cifra de alrededor de 83.452 millones de MCPCE, considerando un crecimiento anual promedio de 6.8% en el período histórico y 6.6% durante el proyectado.

En relación con la demanda considerada sectorialmente se tiene que para el año de 1972 la industria y los transportes demandaban el 85.10% el sector residencial únicamente el 11.6, el agrícola el 1.6% y el resto el 1.7%.

Para 1979, de acuerdo con los análisis del - - Plan Nacional de Desarrollo Industrial, la estructura de la demanda de energía primaria por destinos - principales había variado en la siguiente distribu-

Sector Industria	25.0%
Sector Transporte	24.0%
Sector Energía	34.0%
Sector Residencial	6.0%
Otros Sectores	11.0%

De lo anterior, se deduce que el sector energético es el principal consumidor de energía primaria del país. Esto tiene su explicación en función de - que se está considerando las actividades de industrialización del petróleo y sus derivados, la generación de electricidad, los procesos de coquización y otros. De igual manera se puede observar que la industria y los transportes siguen siendo los mayores demandantes. El consumo que se realiza en los hogares mexicanos sigue siendo de poca significación en términos relativos, sin embargo, se observa que es un sector muy dinámico en función de la incorporación de grandes núcleos de la población al sector consumidor, como un resultado del incremento en los niveles de vida y del fenómeno de concentración en áreas urbanas y suburbanas.

El 11% restante es absorbido por los sectores agrícola, comercial y gubernamental, incluyéndose también otros usos no energéticos.

En términos de las proyecciones del Plan Nacional de Desarrollo Industrial, se espera que para 1990 el sector Industria eleve su participación en la demanda entre un 3.5 y un 3.8% para llegar al 28.8% de la demanda total. Se espera que el propio sector energía se mantenga entre un 34.2 y 34.6; el sector transporte necesariamente tendrá que disminuir su importancia relativa bajando de un 24% que tenía antes a un 19.7%. El consumo doméstico aumentará ligeramente al pasar de un 6.0% al 6.2% y fi-

nalmente el resto se mantendrá abajo del 11% que históricamente ha estado observando.

Por otra parte, en 1972 los combustibles fósiles consumidos en forma directa representaron el 92.8% de la demanda total de energía secundaria, mientras que el consumo de energía eléctrica sólo representó el 7.2% del total. Se espera que en 1982 la participación de la energía eléctrica se eleve al 11.6% y la de hidrocarburos y carbón consumidos en forma directa baje al 88.4%.

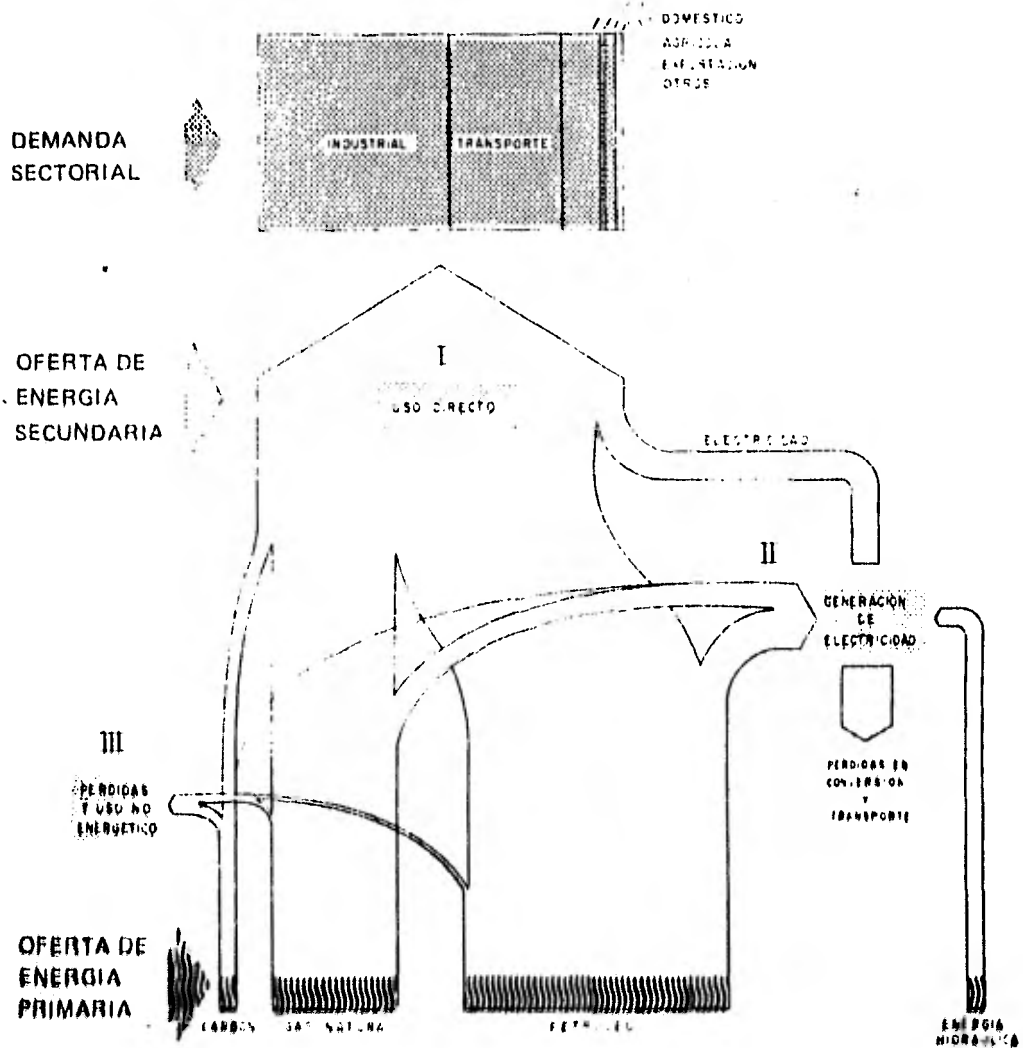
El consumidor más dinámico de energéticos en México lo constituye el sector eléctrico, y se estima que la energía primaria requerida para generar electricidad en 1982 será más de diez veces mayor que la empleada en 1960. Sin embargo, se calcula que en 1982 se perderá la cuarta parte de la energía primaria al tratar de transformarla en energía secundaria.

"El estudio del aprovechamiento de la energía secundaria es importante en virtud de que se pueden obtener ahorros considerables de energía con el simple hecho de hacer un uso más racional en la industria, los transportes y los hogares" 30/

En 1972 el balance entre energía primaria y energía secundaria se representó de la siguiente forma:

30/ IMP. Los Energéticos. Panorama Actual y Perspectivas.

FIGURA No. 1
BALANCE ENERGETICO 1972



La demanda de energía secundaria pasó de - - 19.766 millones de MCPCE en 1960 a la cifra de - - 43.746 millones de MCPCE en 1972 y se espera llegará hasta 83.452 millones en 1982, siempre y cuando sostenga una tasa de 6.6% de crecimiento anual promedio. Esto quiere decir, que en un lapso de 22 - - años el consumo de energía será de cuatro veces mayor.

Una de las características de la política energética de México es que había estado encaminada, - hasta antes del actual sexenio a satisfacer la demanda interna y no a la exportación.

Los sectores que tradicionalmente demandan más electricidad son el industrial y los transportes y así tenemos que al iniciarse la década de los setentas se presentaba la siguiente estructura de la demanda de energía secundaria por sectores:

Industrial	46.8
Transportes	38.3
Doméstico, Agrícola y otros	14.9
	<hr/> 100.0

El comportamiento de la demanda del sector -- transportes será cada vez más complicado por motivo del exceso de automóviles que existen circulando en el Distrito Federal y en varias ciudades del interior del país.

El sector agrícola ha tenido la tendencia hacia el estancamiento, creciendo en un 3.5%, mientras que la tasa de crecimiento de la demanda de -

energía secundaria fué del 4.6% para el mismo período que se está considerando (1960-1972).

De mantenerse constantes las tasas de crecimiento se espera que para 1982 la estructura probable de la demanda de energía secundaria quede como sigue:

Industrial	46.2
Transporte	36.7
Doméstico, Agrícola y otros	17.1
	<hr/>
	100.0

La demanda de productos finales en sus diversas modalidades está formada por: combustibles y carburantes que se consumen en forma directa y por el consumo de electricidad, tanto pública como privada.

Para calcular la demanda nacional de energía primaria hay que considerar toda la gama de energéticos susceptibles de ser transformados hasta su fase de consumo final. Así se tiene el caso de los insumos utilizados para generar termoelectricidad y del carbón mineral para la producción de coque; es importante también considerar las pérdidas que se tienen al producir, transformar y trasladar los diferentes productos hasta su consumo final.

La demanda de energía primaria del sector eléctrico se presenta en un mercado cuya oferta está determinada por la capacidad de generación del aparato productivo instalado (hidroeléctricas, termoelectricas, geotérmicas y nucleo-eléctricas).

Otra característica de este mercado es que la electricidad debe ser producida y transportada al consumidor final antes de que se efectúe. Parte de la energía eléctrica que se genera se pierde durante la transmisión y distribución. Por esta razón la cantidad de energía generada es mayor que la que realmente se vendió al consumidor final.

Hasta 1971 la energía eléctrica que se producía en México provenía principalmente de cuatro fuentes primarias: petróleo, gas, carbón mineral y energía hidráulica. A partir de 1972 se agregó una fuente más que es la energía geotérmica y a partir de 1983 se iniciará el empleo de la energía nuclear para su transformación en energía eléctrica.

En el cuadro que se presenta, se muestra la estructura y evolución de la demanda nacional de energéticos primarios por sectores consumidores, así como su proyección hasta 1982.

CUADRO No. 12

DEMANDA NACIONAL DE ENERGETICOS POR SECTORES CONSUMIDORES

	Consumo (MMCPCE)			Estructura (%)			Tasa Media Anual de Crecimiento (%)	
	1960	1972	1982	1960	1972	1982	1960-1972	1972-1982
Eléctrico	3,192	9,761	32,280	14.1	18.5	28.0	9.7	12.7
Petrolero	2,264	5,461	9,496	10.0	10.4	8.2	7.6	5.6
Industrial	6,109	13,006	23,234	27.1	24.6	20.2	6.5	5.9
Transporte	7,758	16,762	30,590	34.4	31.7	26.5	6.6	6.2
Doméstico	2,038	4,554	9,354	9.0	8.6	8.1	6.9	7.4
Agrícola	335	435	707	1.5	0.8	0.6	2.2	4.9
Otros	162	348	395	0.7	0.7	0.4	6.5	1.2
Pérdidas en manejo	703	1,648	5,533	3.1	3.1	4.8	7.3	12.8
Uso no energético	17	860	3,679	0.1	1.6	3.2	38.7	15.6
Total:	22,578	52,835	115,268	100.0	100.0	100.0	7.3	8.1

Fuente: IMP. Energéticos: Panorama Actual y Perspectivas. México 1974

Según el cuadro anterior la demanda de energéticos primarios pasó de 22,578 millones de MCPCE a 52,835 en 1972, lo que significó una tasa media anual de crecimiento del orden de 7.3% de acuerdo con la experiencia histórica. Según la distribución por sectores de esta demanda, las industrias petrolera y eléctrica constituyen las principales industrias demandantes de energéticos en el país, habiendo consumido en 1972 el 10.4% y el 18.5% respectivamente de la demanda total.

En 1960 el sector eléctrico ocupaba el tercer lugar entre los sectores demandantes de energía primaria, consumiendo el 14.1% del total. En este porcentaje había aumentado al 18.5% y para 1982 se estima que sea del 28.0% pasando a ser el principal

demandante de energía primaria en el país.

La participación de los hidrocarburos tiende a ser menor debido al ingreso de nuevas fuentes de energía primaria y al aumento de la utilización del carbón el cual aumentará fuertemente su tasa de crecimiento durante el período 1982-1990. La energía hidráulica disminuirá en términos relativos.

En general, la tasa de crecimiento de la demanda de energéticos primarios durante 1960-1972 fué similar a la del producto interno bruto, 6.7% y se espera que para 1982 sea del orden de 8.1%.

Otra característica que se observa es que la demanda de energía secundaria siempre será menor que la de energía primaria. La diferencia estriba en la pérdida de energía y a los usos no-energéticos.

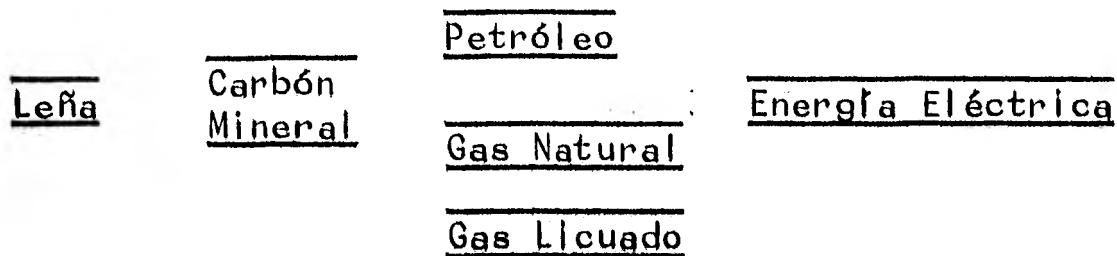
Las pérdidas de energía representaron en 1960- el 12.4% de la energía primaria consumida, y para 1982 se calcula que representarán el 25.2%, lo cual quiere decir, que se desperdiciará cerca de la cuarta parte de la energía primaria que consume el país.

No obstante que parte de la población utiliza combustibles vegetales como el carbón y la leña, este no se consideró dentro de la demanda de energía por razón de que se carece de estadísticas continuas adecuadas sobre su producción y consumo. Este tipo de consumo de combustibles vegetales ha ido disminuyendo fuertemente en las últimas décadas.

Según la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), en México el consumo de combustibles vegetales representaba el 15% del consumo bruto total

de energía en México; en 1950 pasó al 8%; en 1955 - se redujo al 6% y de acuerdo con estudios realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo el consumo de combustibles vegetales efectuado fundamentalmente en el sector doméstico, fué del orden del -- 3.9% del total del consumo nacional de energéticos.

Este fenómeno de evolución que se presentó en el consumo y la demanda de energéticos se debe a la sustitución de fuentes de energía que han ido transformándose en función del desarrollo científico y - tecnológico y de la disminución de los costos.



La energía eléctrica compete con todos los - - energéticos de uso final y tiende a largo plazo a - sustituirlos, sobre todo en los países altamente industrializados.

En función de la población que utiliza combustibles vegetales en México y según datos asentados en los censos de población, en 1960 el 65% de la población consumía combustibles vegetales, con un volumen estimado de 2.1 millones de MCPCE.

CUADRO No. 13

CONSUMO NACIONAL ESTIMADO DE COMBUSTIBLES DOMESTICOS VEGETALES
1960-1970-1982

Años	Población (Miles de habitantes)			Consumo Estimado (1)	
	Total	Que consume combustibles vegetales		Miles de toneladas	Miles de MCPCE
		Cantidad	%		
1960	34,923	22,617	65	4,795	2,081
1970	46,226	21,253	44	4,506	1,965
1982	75,015	19,772 ⁽²⁾	26	4,192	1,819
Tasa media anual de crecimiento	3.5	- 0.6		- 0.6	

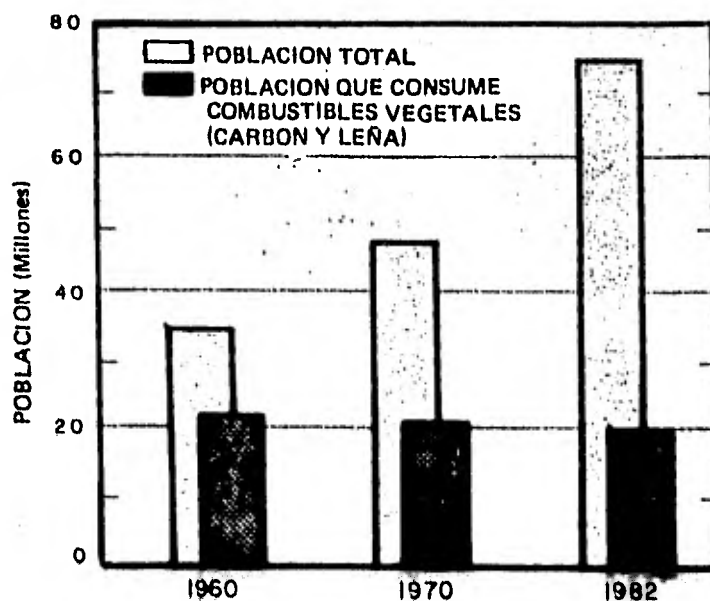
(1) Se calculó considerando que el consumo por persona-año es de 212 Kg. de carbón y leña, y esta cifra se multiplicó por el número de personas consumidoras; el volumen estimado se transformó a MCPCE utilizando el poder calorífico de la leña, que es de 3,500 Kcal/Kg.

(2) Se estimó suponiendo la misma tasa de crecimiento del periodo 1960-1970.

FUENTE: S.I.C.- Dirección General de Estadística-Censos Generales de Población, 1960 y 1970.

Para 1972 el consumo doméstico de combustibles vegetales es realizado únicamente por el 44% que significa 2.0 millones de MCPCE y se espera de continuar esta tendencia que para 1982 sólo el 26% de la población consume carbón y leña con un valor energético de 1.8 millones de MCPCE.

FIGURA No. 2
POBLACION NACIONAL Y POBLACION QUE CONSUME
COMBUSTIBLES VEGETALES



En función de lo expuesto anteriormente se puede deducir que la demanda de los consumidores se puede satisfacer con energéticos diversos, algunos de ellos sustituibles entre sí, así tenemos que las necesidades de energía calorífica de un hogar pueden cubrirse con gas, carbón, electricidad, leña e incluso con energía solar.

Por otra parte, ante el deseo de modernización y el rápido crecimiento industrial la demanda de bienes de capital tiende a ser cada vez mayor recayendo la responsabilidad de mover a ese sector, en el sector de los energéticos.

Originalmente el país había satisfecho la demanda nacional con su propia producción de crudo sin deducir la relación reserva-producción. Otro

mecanismo de atención a dicha demanda, fué la aplicación de técnicas para la recuperación del gas natural, mediante la instalación de plantas de absorción y gaseoductos, contribuyendo a satisfacer la demanda de hidrocarburos.

Durante el período 1960-72 la producción de Petróleos Mexicanos (PEMEX) fué suficiente para abastecer la demanda nacional, siendo su participación dentro de la oferta total de productos elaborados - del orden de 93.6% correspondiéndole el 6.4% restante a las importaciones de productos elaborados.

CUADRO No. 14

ESTRUCTURA Y EVOLUCION DE LA OFERTA NACIONAL DE HIDROCARBUROS MCPCE 1960-1972

Productos	1960		1972		Tasa Media Anual de Crecimiento (1960-1972)
	Cantidad	(%)	Cantidad	(%)	
Gas Natural	4,702,751	21.6	14,081,948	32.3	8.7
Gas Licuado	635,402	3.0	1,891,605	4.3	10.4
Gasolinas	4,237,457	19.5	9,062,888	20.8	6.5
Kerosenas	1,874,711	8.6	2,028,076	4.6	0.6
Turbotina	30,673	0.2	628,622	1.4	23.2
Diesel	2,170,621	9.7	6,513,867	15.1	9.2
Combustóleo	8,158,759	37.4	9,379,452	21.5	1.4
Total	21,810,374	100.0	43,586,256	100.0	6.8

A partir de 1972 las importaciones de crudo empiezan a crecer por razón de que la tasa de crecimiento de la oferta nacional se ve reducida por falta de disponibilidad de recursos financieros en - -

PEMEX, producto del concepto rentabilidad que se tiene actualmente sobre las empresas promotoras del desarrollo nacional, mediante precios bajos al público consumidor, lo cual limita la capacidad de formación de capital.

Esta política rígida de precios ha afectado considerablemente la estructura financiera de PEMEX, ya que no corresponden a la estructura real de costos de los insumos por concepto de localización y explotación de nuevos yacimientos, y la adquisición de plantas y equipos más modernos.

La tasa de crecimiento de la oferta de crudo en el período 1973-1982 se elevó considerablemente debido a la explotación de los campos descubiertos en el sureste del país.

Anteriormente la producción de crudo quedaba en cierta medida sujeta a la demanda final esperada de los productos elaborados, sin embargo, a partir de los setentas mientras las reservas no aumenten a un ritmo superior a la demanda, la producción se verá limitada a la intensidad con que se exploren y exploten los campos nuevos, y al grado de explotación de los existentes, cuidando la relación reserva-producción y la explotación racional de los yacimientos.

El gas natural proviene en dos terceras partes de campos productores de gas y la otra tercera parte de campos productores de aceite. La producción de gas está supeditada a las inversiones en adquisición de equipos de compresión.

En lo referente a gas licuado, éste aumentará su participación en la oferta total de 3% en 1960 a

7% en 1982 como producto de su aumento en la producción. Esta misma situación se presentó en el caso - de las gasolinas incluyendo turbosina, que elevó su participación de 19.7% en 1960 a 23.4% en 1982. En estos casos no se presentan importaciones.

Ante la perspectiva de tener que cubrir en el futuro inmediato la mayor parte de la demanda creciente de energía eléctrica con generación térmica (debido a la limitación natural de los recursos hidráulicos) y ante los problemas de escasez relativa de hidrocarburos, la Comisión Federal de Electricidad tendrá que incrementar el uso del carbón para la generación termoeléctrica.

En este sentido, existen reservas considerables de carbón no coquizado que no han sido suficientemente exploradas ni cuantificadas. El aprovechamiento racional de estas reservas implica que la industria carbonífera de México se desarrolle adecuadamente.

La energía hidráulica representó en 1972 el 46.7% del total de generación de energía eléctrica, se espera que para 1982 esta participación disminuirá al 27.4%. En el pasado se pensaba que el potencial hidroeléctrico en México era optimista debido a que se consideraban aprovechables algunas cascadas de agua, las cuales después se determinó que no eran económicamente explotables. Por otra parte, el agua es esencial para otros usos y procesos de producción, por lo que probablemente en el futuro se restrinja aún más la disponibilidad de este recurso para la generación de energía eléctrica.

La producción de energía eléctrica, vía pozos-geotérmicos, ha llegado a ser económicamente competitiva. El costo por KWH producido es reducido y - adicionalmente permite la producción de agua potable a partir del vapor endógeno y el empleo para la industria química de las sales contenidas en estas-aguas.

Se estima que la generación de energía eléctrica de origen geotérmico pasará de 238 GWH que había en 1972 a 2,230 GWH en 1982, con una tasa de crecimiento anual del 25.0%. Estas cifras representan - en el primer año el 0.7% del total y en el último - el 2.3% del total.

En lo que se refiere a energía nuclear, se supone que las dos unidades del reactor en Laguna Verde, Ver., estarían ya operando para 1981, sin - embargo, por razones técnicas y financieras la obra se ha retrasado, pero se espera que a mediados de - 1983 ya esté generando electricidad. Por las mismas razones de tiempo, seguridad y de transferencia de tecnologías, la primera carga de combustible nuclear para Laguna Verde será importada, pero se espera que las siguientes ya serán hechas en el país. Se supone que el Instituto de Investigaciones nucleares, desde que era Instituto Nacional de Energía Nuclear (INEN) ha previsto el desarrollo de las diversas etapas para la fabricación de combustibles nucleares, excepto la etapa de enriquecimiento del-U-235, debido a las inversiones tan altas que se requieren para ello.

Refiriéndonos ya específicamente al sector eléctrico la capacidad instalada en México en 1970 era de 6 113 000 kilowatts que comparados con los 14 298 000 kilowatts que había en 1979 significan un incremento en un período de nueve años del orden del 133.9% mismo que nos daría un incremento promedio del 14.88% anual.

Esta capacidad instalada en plantas generadoras de energía eléctrica, clasificada en dos grandes grupos hidroeléctricas y termoeléctricas 31/ presentaba la siguiente estructura. 32/

31/ Incluye vapor, combustión interna y geotérmicas.

32/ Secretaría de Comercio, Comisión de Tarifas de Electricidad y Gas. Boletín No. 103, Noviembre 1981.

CUADRO No. 15
ESTRUCTURA DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN PLANTAS

A ñ o	Hidroeléctricas		Termoeléctricas		T o t a l
	(MW)	(%)	(MW)	(%)	
1970	3 274	53.6	2 839	46.4	6 113
1971	3 273	49.8	3 297	50.2	6 570
1972	3 267	46.8	3 716	53.2	6 983
1973	3 494	45.0	4 269	55.0	7 763
1974	3 521	41.8	4 900	58.2	8 421
1975	4 044	41.1	5 786	58.9	9 830
1976	4 541	39.6	6 919	60.4	11 460
1977	4 693	38.8	7 402	61.2	12 095
1978	5 225	37.3	8 767	62.7	13 992
1979	5 219	36.5	9 079	63.5	14 298

Fuente: Secretaría de Comercio, Comisión de Tarifas de
Electricidad y Gas, Boletín No. 103.
Noviembre 1981.

Según el cuadro anterior en 1970 la capacidad instalada en plantas hidroeléctricas representaba más del 50% del total, observando desde entonces una tendencia hacia la baja llegando en 1979 al 36.5%.

Esto ha sido el resultado de un incremento sustancial en el ramo de las plantas termoeléctricas que incrementaron su capacidad en 6 240 MW pasando de constituir un 46.4% del total en 1970 a 63.5% en 1979.

La estructura de la capacidad instalada por tipo de planta era la siguiente en 1979:

Tipo de Planta	%
Hidráulica	36.5
Vapor	52.0
Combustión Interna	10.4
Geotérmica	1.1
	<hr/>
T O T A L	100.0

El sector eléctrico en su último programa de obras, previó intensificar la instalación de las plantas termoeléctricas y proyectó construir y poner en operación durante el período 1979-1988 una capacidad de 17 007 MW termoeléctricos y 5 063 MW hidroeléctricos lo que da un total de 22 070 MW distribuidos en la siguiente forma:

TIPO DE PLANTA	%
Hidráulica	22.9
Vapor	58.5
Combustión Interna	8.8
Geotérmica	9.8
	<hr/>
T O T A L	100.0

En 1962 había 78 plantas hidroeléctricas con capacidad total de 1 433 013 KW de los cuales el 65.5 estaba formado por diez plantas de capacidad superior a 50 MW. En 1979 aumentó el número de plantas a ochenta, aumentando la capacidad instalada a 5 218 517 KW, de los cuales el 89.7% correspondió a 18 plantas con capacidades iguales o mayores a 50 MW el 10.3% restante correspondió a 62 plantas de capacidad inferior a 50 MW.

Por otra parte, en 1962 había 29 plantas de vapor con una capacidad total de 994 535 KW, de los cuales el 60.7% estaba constituido por 6 plantas iguales o mayores a 50 MW. En 1979 el número de plantas ascendió a 36 y la capacidad pasó a ser de 7 436 375 Kw de los cuales el 95% lo integraron 20 plantas con capacidades de 50 MW o más y el 5% correspondió a 16 plantas con capacidad menor a 50 MW.

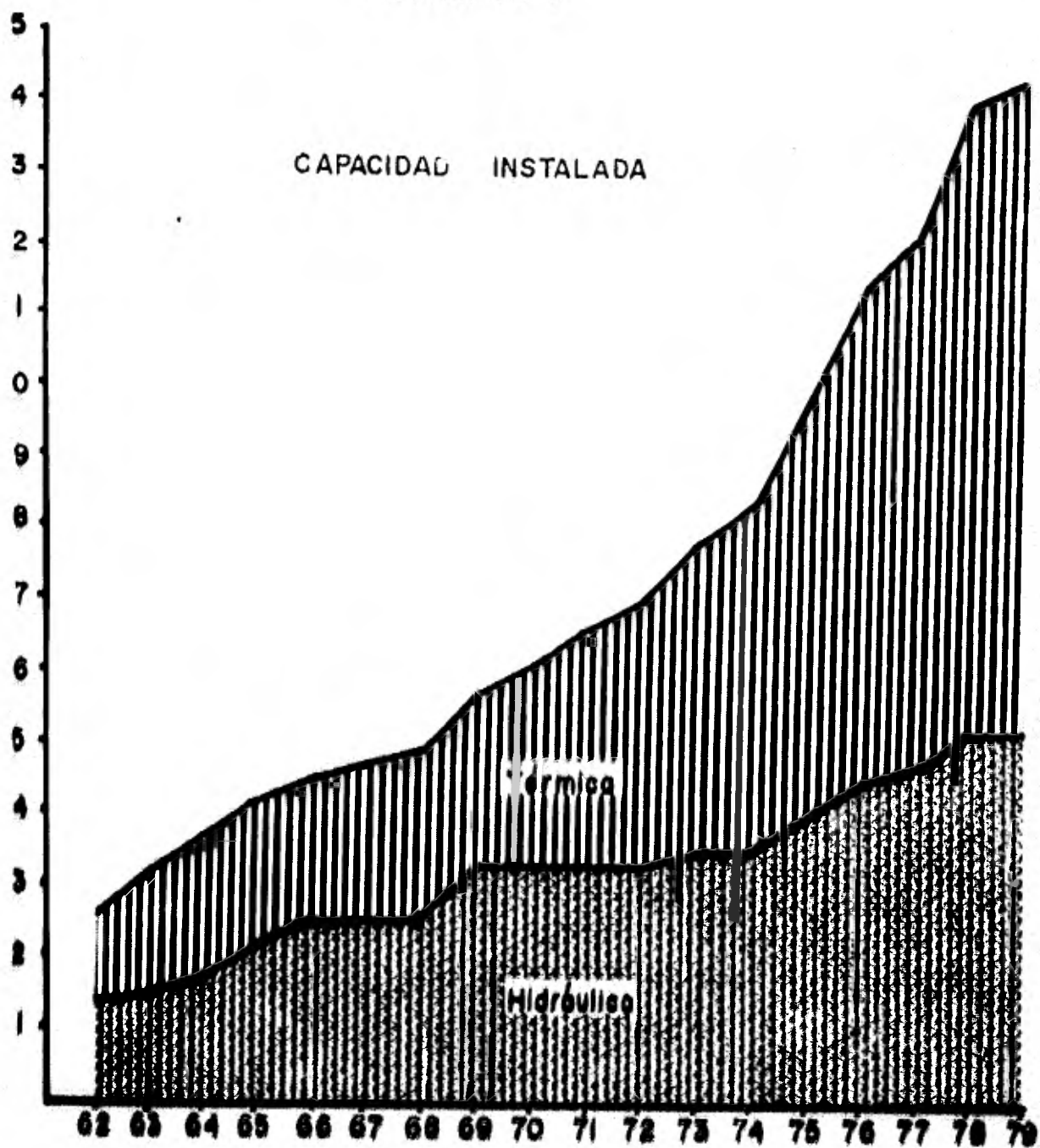
En lo que se refiere al renglón de combustión interna, en 1962 existían 130 plantas con capacidad de 185 144 Kw que en su totalidad eran menores a -

50 MW. En 1979 este tipo de plantas disminuyó a 68 aunque la capacidad aumentó a 1 492 658 Kw; el 51.0% lo constituían 7 plantas con capacidades de 50 MW o más; el resto (49.0%) lo constituían 61 plantas con capacidades menores a 50 MW. Lo anterior se debió a que salieron de operación 98 plantas con una capacidad de 78 468 Kw y entraron 36 con capacidad de 1 385 982 Kw.

En 1973 entró en operación la primera planta geotérmica con una capacidad de 75 000 Kw, misma que en el año de 1979 aumentó a 150 000 Kw.

Resumiendo, en 1962 predominaban las plantas con capacidad inferior a 50 MW, 221 plantas contra 16. Para 1979 esta situación se modificó y se incrementó el proceso de sustitución de plantas pequeñas para la puesta en operación de plantas de mayor capacidad de tal manera que en 1979 el 88.4% de la capacidad lo constituían 46 plantas de más de 50 MW y el restante 11.6% 139 plantas de capacidad menor.

FIGURA No 3



CUADRO No. 16
DISTRIBUCION DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN 1962

Capacidad en kw Plantas de:	Hidroeléctricas			Vapor			Combustión Interna			T o t a l		
	No.	kw	%	No.	kw	%	No.	kw	%	No.	kw	%
0 a 49	1	45	0.0	-	-	-	12	395	0.2	13	440	0.0
50 a 99	2	140	0.0	-	-	-	27	1 705	0.9	29	1 845	0.1
100 a 199	2	316	0.0	-	-	-	13	1 651	0.9	15	1 967	0.1
200 a 499	7	2 325	0.2	-	-	-	23	7 432	4.0	30	9 757	0.4
500 a 999	9	6 672	0.5	-	-	-	10	6 734	3.7	19	13 406	0.6
1 000 a 1 999	12	15 833	1.1	1	1 000	0.1	17	22 150	12.0	30	38 983	1.6
2 000 a 4 999	10	27 836	1.9	2	6 500	0.7	19	60 788	32.8	31	95 124	3.6
5 000 a 9 999	10	70 896	4.9	6	42 310	4.2	8	53 389	28.8	24	166 596	6.4
10 000 a 19 999	7	97 730	6.8	8	120 050	12.1	-	-	-	15	217 780	8.3
20 000 a 49 999	8	273 650	19.1	6	270 375	27.2	1	30 900	16.7	15	524 825	20.1
50 000 a 99 999	5	323 190	22.6	4	268 500	27.0	-	-	-	9	591 690	22.6
100 000 a 499 999	5	614 400	42.9	2	335 900	34.7	-	-	-	7	950 280	36.4
500 000 ó más	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T o t a l	78	1 433 613	100.0	29	994 535	100.0	130	1 85 144	100.0	237	2 612 692	100.0

CUADRO No. 17
DISTRIBUCION DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN 1979

Capacidad en kw Plantas de:		Hidroeléctrica			Vapor			Combustión Interna			Total		
		No.	kw	%	No.	kw	%	No.	kw	%	No.	kw	%
0 a	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50 a	99	-	-	-	-	-	-	2	110	-	2	110	-
100 a	199	-	-	-	-	-	-	3	330	-	3	330	-
200 a	499	4	1 410	-	-	-	-	3	1 729	0.1	7	3 139	-
500 a	999	10	6 174	0.1	-	-	-	2	1 904	0.1	12	8 078	0.1
1 000 a	1 999	11	16 161	0.3	-	-	-	6	7 493	0.5	17	23 654	0.2
2 000 a	4 999	10	26 715	0.5	-	-	-	10	30 673	2.0	20	57 388	0.4
5 000 a	9 999	9	66 107	1.3	1	16 000	0.2	7	49 220	3.3	19	131 327	0.9
10 000 a	19 999	9	138 380	2.7	5	71 000	0.9	15	233 559	15.7	29	442 939	3.1
20 000 a	49 999	9	283 900	5.5	8	296 575	3.9	13	406 960	27.3	30	987 435	6.9
50 000 a	99 999	8	533 790	10.2	6	506 000	7.0	3	185 120	12.4	17	1 224 910	8.6
100 000 a	499 999	7	1 143 890	22.1	10	2 748 000	37.0	4	575 560	38.6	21	4 479 240	31.3
500 000 o más		3	2 932 000	57.3	4	3 798 000	51.0	-	-	-	7	6 790 000	47.5
S U M A :		80	6 218 517	100.0	36	7 436 375	100.0	68	1 492 655	100.0	184	14 147 550	99.0
											1	165 000	1.0
											185	14 292 550	100.0

Planta Geotérmica de Cerro Prieto

Por lo que respecta a la operación del sistema de producción de energía en el cuadro número 18 se muestran los valores de algunos índices de operación significativos para poder valorar las condiciones en que ha venido trabajando el sector eléctrico.

CUADRO No. 18
INDICES DE OPERACION

Año	Capacidad (mw)	Generación (gwh)	Energía Vendida (gwh)	Generación /Capacidad (kwh/kw)	Energía Vendida/ Capacidad (kwh/kw)
1970	6 113	25 234	21 762	4 127.9	3 560
1971	6 570	27 591	23 708	4 199.5	3 608
1972	6 983	30 464	26 421	4 362.3	3 783
1973	7 763	33 140	29 033	4 269.0	3 743
1974	8 421	35 177	32 152	4 177.3	3 818
1975	9 830	39 400	34 781	4 008.1	3 538
1976	11 400	42 862	38 210	3 740.1	3 334
1977	12 095	47 051	41 160	3 890.1	3 403
1978	13 992	50 913	45 274	3 638.7	3 235
1979	14 298	55 705	49 653	3 896.0	3 473

Fuente: Secretaría de Comercio, Comisión de Tarifas de Electricidad y Gas, Boletín No. 103, Noviembre 1981.

La producción de energía obtenida (ver columna Generación-gwh) en el cuadro No. 18) por cada kilowatt de la capacidad instalada - evolucionó positivamente hasta 1972, después presentó una tendencia a la baja por causa de un menor aprovechamiento de la capacidad instalada producto de la elevación en los costos de generación.

La energía vendida por cada kilowatt de capacidad instalada - refleja la productividad y eficiencia con que opera todo el sistema eléctrico del país.

A efecto de poder ilustrar la situación de México en el panorama mundial es necesario considerar el índice relativo a la capacidad instalada por habitante.

CUADRO No. 19
Capacidad Instalada por Habitante
(watts)

<u>País</u>	<u>1970</u>	<u>1978</u>	<u>Tasa de Desarrollo</u> (%)
MEXICO	124	208	6.7
Alemania Federal	567	1 067	8.2
Argentina	210	316	5.2
Australia	1 089	1 443	3.6
Austria	916	1 465	6.0
Brasil	110	193	7.6
Canadá	1 622	2 787	7.0
Chile	163	201	2.7
Costa Rica	124	188	5.3
Ecuador	39	79	9.2
El Salvador	51	106	9.6
Estados Unidos	1 666	2 665	6.0
Francia	608	857	4.4
Holanda	696	1 047	5.2
Italia	491	618	2.9
Japón	507	989	8.7
Polonia	338	573	6.8
Inglaterra	1 108	1 193	0.9
Suecia	1 872	2 742	4.9
URSS	585	861	4.9
Uruguay	170	246	4.8
Venezuela	257	372	4.7

Fuentes: Secretaría de Comercio, Comisión de Tarifas de Electricidad y Gas, Boletín No. 103, Noviembre de 1981.

Es importante hacer notar que en 1970 los países con mayor capacidad instalada por habitantes - fueron: Suecia, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Inglaterra, Australia, y Austria. En ese mismo año México contaba con únicamente 124 watts por habitante que representaba los siguientes porcentajes con respecto a los seis primeros países con mayor capacidad para ese mismo año.

PAIS	PORCENTAJE COMPARATIVO (Mex/P.E)
Suecia	6.6
Estados Unidos de Norteamérica	7.4
Canadá	7.6
Inglaterra	11.2
Australia	11.4
Austria	13.5

En 1978 hubo ligeros cambios en las posiciones quedando en el orden del cuadro siguiente en el que se indica la relación con respecto a México.

PAIS	PORCENTAJE COMPARATIVO (Mex/P.E)
Canadá	7.5 %
Suecia	7.6
Estados Unidos de Norteamérica	7.8
Austria	14.2
Australia	14.4
Inglaterra	17.4

Por otra parte, al comparar a México con otros países latinoamericanos, se encuentra que el Índice de capacidad instalada por habitante en 1970 era inferior al de Venezuela, Argentina, Uruguay, Chile y superior al de Brasil, Ecuador y El Salvador.

Sin embargo, para 1978 únicamente Argentina, Uruguay y Venezuela superan el Índice de México, el resto de los países latinoamericanos se encuentran por debajo del mismo.

México ocupaba en 1978 el décimo primer lugar entre los países que más han incrementado su capacidad instalada, de acuerdo con el cuadro que se describe a continuación.

CUADRO No. 20

Capacidad Instalada
(megawatts)

<u>País</u>	<u>1 9 7 0</u>	<u>1 9 7 8</u>
Estados Unidos	341 090	582 779
U R S S	142 009	225 237
Japón	58 950	113 670
Canadá	37 525	65 500
Alemania Federal	33 701	65 400
India	14 709	24 450
Brasil	10 189	22 830
Suecia	12 594	22 700
Polonia	11 633	20 056
Holanda	9 066	14 600
M E X I C O	6 029	13 950
Alemania Democrata	8 144	13 304
Austria	6 772	11 000
Argentina	4 861	8 345

Fuente: Secretaría de Comercio, Comisión de Tarifas de Electricidad y Gas, Boletín No. 103, Noviembre 1981.

3.4 OFERTA ESPERADA DE PRODUCCION DE ENERGIA DE ORIGEN NUCLEAR DE 1982 HASTA EL AÑO 2000.

De las consideraciones anteriores se deduce - que es necesario y conveniente que la tasa de consumo energético se mantenga durante los próximos años a los niveles actuales. De esta forma, si se logra abatir la tasa de crecimiento de la población en -- tal manera de que México no rebase los 100 millones de habitantes en el año 2000, el consumo per cápita-energético será de 2.35 MMCPCE, muy parecido al que tienen actualmente los países desarrollados.

En el año 2000 la demanda de energía va ser - aproximadamente diez veces mayor que la actual. Esto implica que la oferta tendrá que expandirse rápidamente ya que sólo quedan 18 años para que esto suceda, y según la experiencia de Laguna Verde y de - la instalación de generación hidroeléctrica, termo-eléctrica y geotérmica, los plazos de maduración de este tipo de proyectos son a largo plazo (más de 5- años). En el caso de proyectos de plantas nucleo-eléctricas, el mínimo plazo que se requiere es de 9 años desde que se inician los estudios de factibilidad hasta que se pone en operación la planta.

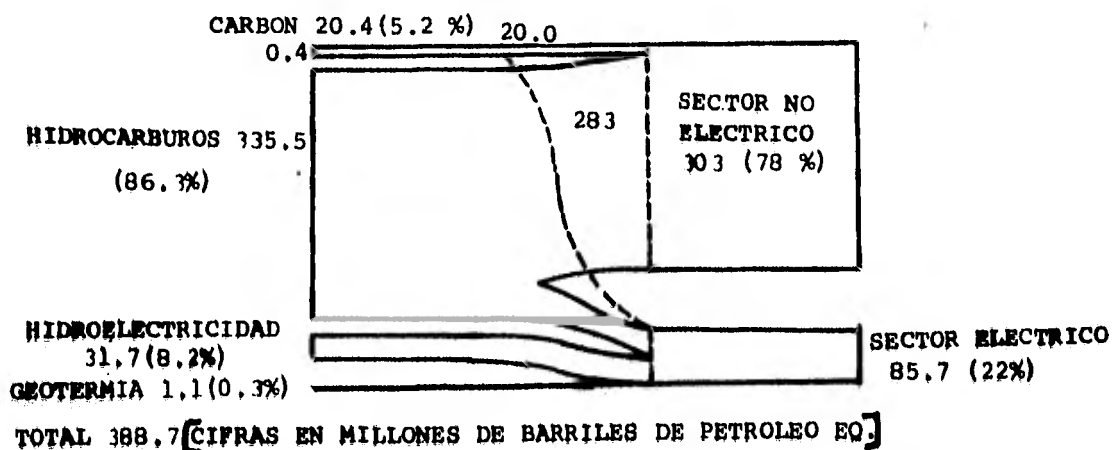
De acuerdo con estimaciones realizadas por el - M en C Antonio Ponce 33/, si suponemos que de aquí al año 2000 sólo se aprovechará la energía nuclear- de Laguna Verde, los hidrocarburos seguirán siendo una parte fundamental del sector energético con una participación porcentual de 72.6%.

33/ Ponce Antonio. Situación y Perspectivas de los- Energéticos en México. El Economista Mexicano.- Vol. XII. No. 2, marzo-abril 1978.

FIGURA No 4

BALANCE ENERGETICO DE MEXICO PARA 1975 Y 2000

AÑO 1975



AÑO 2000

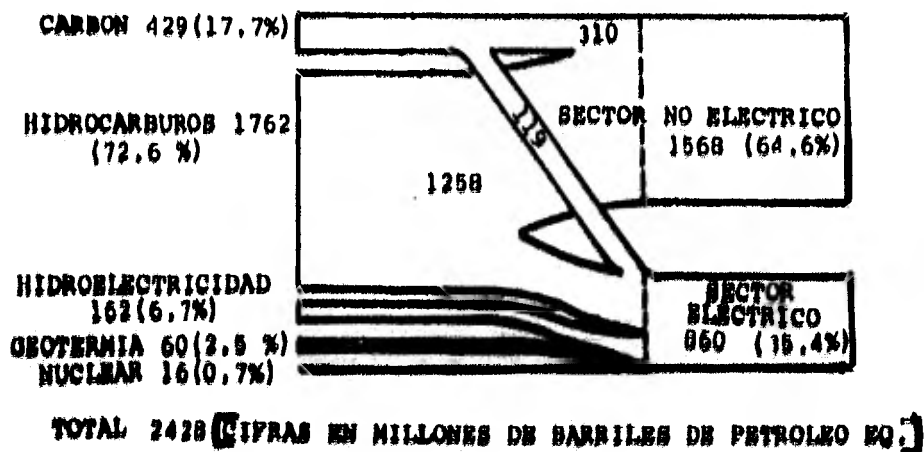
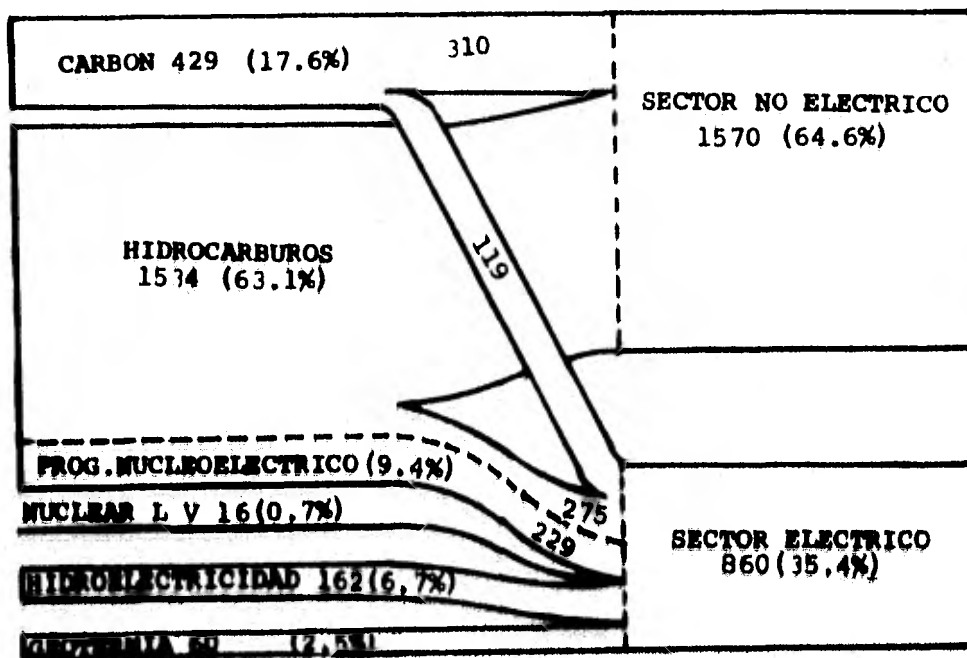


FIGURA No 5

IMPACTO DEL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO EN EL BALANCE ENERGETICO
DEL AÑO 2000

(CIFRAS EN MILLONES DE BARRILES DE PETROLEO EQ.)



TOTAL 2430

Por otra parte, si suponemos que se llevará a cabo el programa nucleoelectrico nacional que está proponiendo el gobierno federal - de establecer una capacidad de 20 000 MW, para el año 2000, la participación de los hidrocarburos bajaría a una participación de 63%.

En resumen, combinando todas las cifras históricas y los datos estimados en el Plan Global de Desarrollo, el Plan Nacional de Desarrollo Industrial, el Programa Energético y el Programa Nuclear, la capacidad instalada y la producción de energía eléctrica deberán desarrollarse durante los próximos 20 años en los siguientes términos:

CUADRO No. 21

ESTIMACION DE LA NECESIDAD DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA POR ORIGEN DE LA FUENTE 1980 - 2000
(Terawatts Hora)

AÑOS	1980	%	1990	%	2000	%
FUENTE						
Hidrocarburos	53.6	66.0	111.2	53.5	247.5	45.0
Hidroelectricidad	26.0	32.0	49.0	23.5	93.5	17.0
Carbón	-	-	28.0	13.5	82.5	15.0
Geotermia	1.6	2.0	4.2	2.0	5.5	1.0
Nuclear	-	-	15.6	7.5	121.0	22.0
TOTAL	81.2	100.0	208.0	100.0	550.0	100.0

CUADRO No. 22

ESTIMACION DE LA CAPACIDAD A INSTALAR PARA ATENDER
EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA-
1980-2000 (Megawatts).

AÑOS FUENTE	1980	%	1990	%	2000	%
Hidrocarburos	22 185	74.1	24 606	53.5	23 800	29.7
Hidroelectricidad	7 600	25.4	14 300	31.1	28 600	35.8
Carbón	-	-	4 000	8.7	6 850	8.6
Geotermia	150	0.5	620	1.3	750	0.9
Nuclear	-	-	2 500	5.4	20 000	25.0
T o t a l	29 935	100.0	46 026	100.0	80 000	100.0

De lo anterior, se deduce que será necesario planear y programar la expansión de la energía eléctrica para el periodo 1980-2000. Sin embargo, en virtud de los largos periodos que se requieren para hacer los estudios preliminares y arrancar una planta, a continuación se propone un programa de expansión de energía eléctrica a partir de 1990 considerando que Laguna Verde iniciará sus operaciones en 1983.

CUADRO No. 23
PROGRAMA DE EXPANSION DE ENERGIA
(MW)

FUENTE					
AÑOS	HIDROELECTRICA	GEOTERMIA	CARBON	HIDROCARBUROS	NUCLEAR
1990	14 300	620	4 000	24 606	2 500
1991	15 730	630	4 285	24 525	4 250
1992	17 160	650	4 570	24 444	6 000
1993	18 590	660	4 855	24 364	7 750
1994	20 020	670	5 140	24 283	9 500
1995	21 450	685	5 425	24 203	11 250
1996	22 880	700	5 710	24 122	13 000
1997	24 310	710	5 995	24 041	14 750
1998	25 740	720	6 280	23 961	16 500
1999	27 170	740	6 565	23 880	18 250
2000	28 600	750	6 850	23 800	20 000

Fuente: Estimaciones del autor en base a datos históricos obtenidos de diversas fuentes.

CUADRO No. 24

DEMANDA NACIONAL DE ENERGETICOS POR SECTORES CONSUMIDORES
(CONSUMO MMCPCE)

S E C T O R	1960	1972	1982	1985	1990	1992	1995	2000
Eléctrico	3 192	9 761	32 280	32 798	39 282	41 875	45 765	52 248
Petrolero	2 264	5 461	9 496	10 205	11 838	12 492	13 472	15 105
Industrial	6 109	13 006	23 234	24 663	28 521	30 065	32 380	36 238
Transporte	7 758	16 762	30 590	32 424	37 566	39 622	42 707	47 894
Doméstico	2 038	4 554	9 354	9 805	11 447	12 104	13 090	14 732
Agrícola	335	435	707	720	803	836	886	969
Otros	162	348	395	449	502	524	556	610
Pérdidas en manejo	703	1 648	5 533	5 565	6 640	7 069	7 714	8 789
Uso no energético	17	860	3 679	3 750	4 567	4 893	5 383	6 199
T O T A L	22 578	52 835	115 268	120 379	141 166	149 480	161 953	182 784

FUENTE: ENERGETICOS, Panorama Actual y Perspectivas.- Instituto Mexicano del Petróleo,
Subdirección de Estudios Económicos y Planeación Industrial,
México, 1974.

4. ELEMENTOS PARA EL ANALISIS DE PROYECTOS
DE INSTALACION DE PLANTAS NUCLEARES PA-
RA PRODUCCION DE ENERGIA.

4. ELEMENTOS PARA EL ANALISIS DE PROYECTOS DE INSTALACION DE PLANTAS NUCLEARES PARA PRODUCCION DE ENERGIA.

Hasta enero de 1979 existían en operación en el mundo más de un centenar de reactores, predominando los siguientes tipos:

Reactor de Agua a Presión (PWR)	53
Reactor de Agua en Ebullición (BWR)	35
Reactor de Agua Pesada a Presión (PHWR)	8
Reactor Enfriado con Gas (GCR)	8

De estos, el PHWR de patente canadiense es el único que utiliza uranio natural como combustible y moderadores a base de agua pesada y de grafito. El resto (PWR, BWR, GCR) utilizan uranio enriquecido de U235 y como moderador usan agua ligera.

La primera central nuclear que funcionó a nivel comercial producía 50 MW de electricidad. Actualmente existen plantas que generan 2 000 MW.

Como se vió anteriormente los reactores más comunes actualmente son los que utilizan agua ligera como moderador. Esto es, usan agua corriente H₂O como refrigerante. La masa de uranio que usa como combustible debe estar enriquecida para poder mantener reacciones en cadena; en este proceso el costo de enriquecimiento de la primera carga de combustible puede representar un 10% del costo total de la central.

En el reactor de agua a presión (Pressurised - Water Reactor PWR) el agua refrigerante del núcleo circula a gran presión, ascendiendo su temperatura a unos 600°C. De ahí pasa al termointercambiador donde se genera vapor a partir de la ebullición de un segundo suministro de agua que alimentará a las turbinas.

En el reactor de agua en ebullición (Boiling - Water Reactor, BWR), el agua refrigerante entra en ebullición en el núcleo del reactor, utilizándose el vapor generado para alimentar un turbogrupo conectado al generador. El vapor se condensa entonces en agua y ésta es bombeada nuevamente al reactor para completar el ciclo. De esta manera, el reactor es la caldera durante todo el proceso.

Otro tipo de reactor utilizado comercialmente es el refrigerado por gas. En este caso se utiliza grafito como moderador y es refrigerado por el paso de grandes cantidades de anhídrido carbónico a través de una pila. El gas caliente va a dar a un termointercambiador para producir el vapor para la turbina en un circuito secundario. Una diferencia ostensible es que el reactor refrigerado por gas es físicamente mucho más grande que el refrigerado por agua.

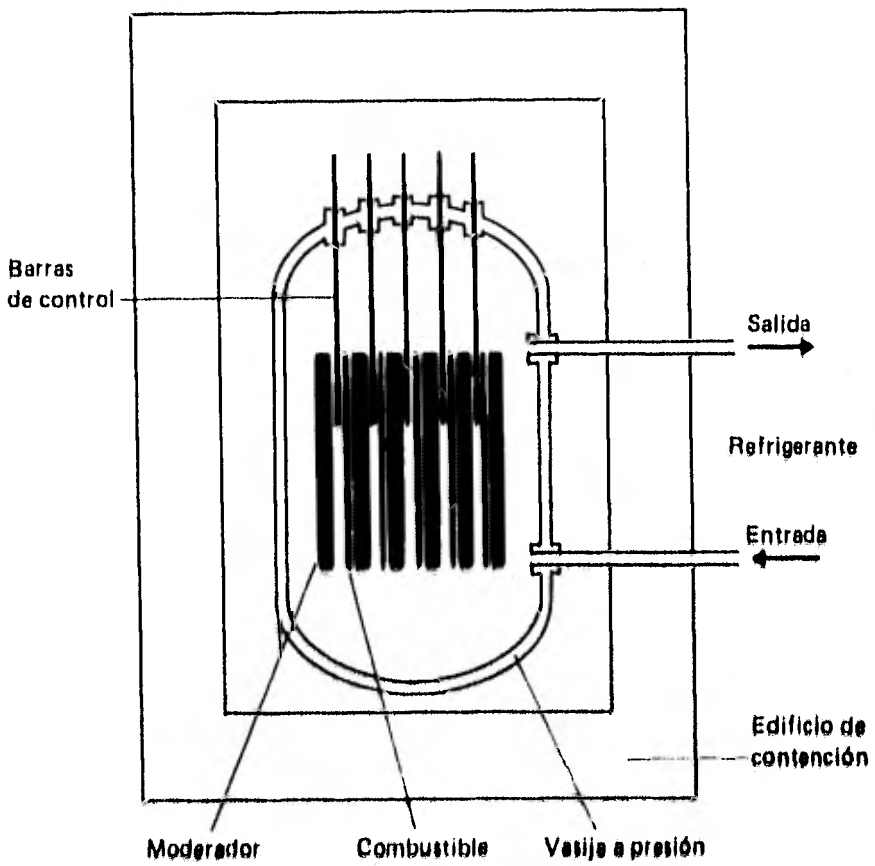


Figura 6 Estructura esquemática de un reactor de fisión nuclear.

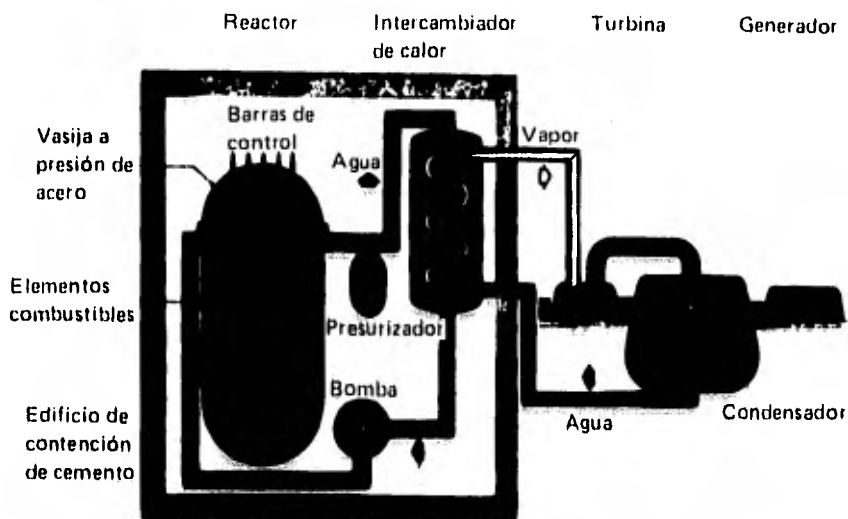


Figura 7. Diagrama esquemático de un reactor de agua a presión.

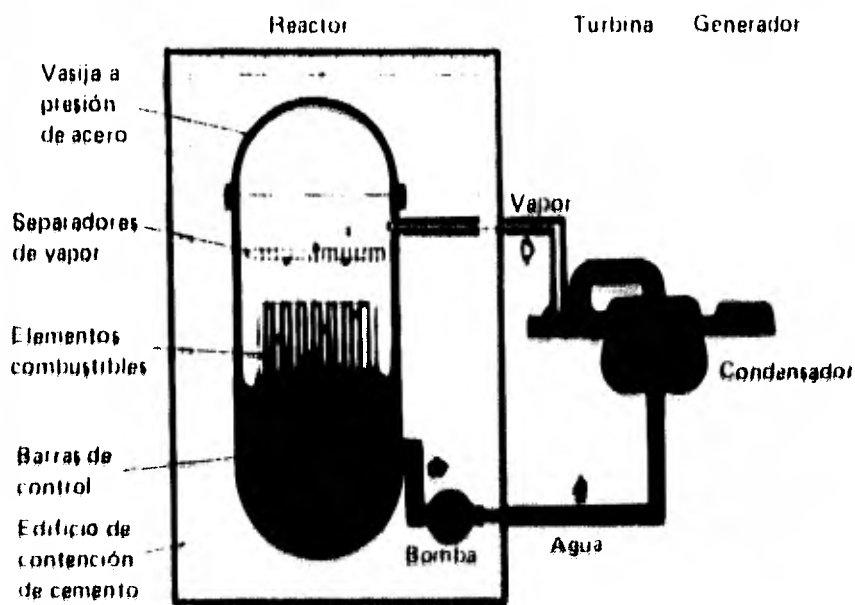


Figura 8. Diagrama esquemático del reactor de agua en ebullición.

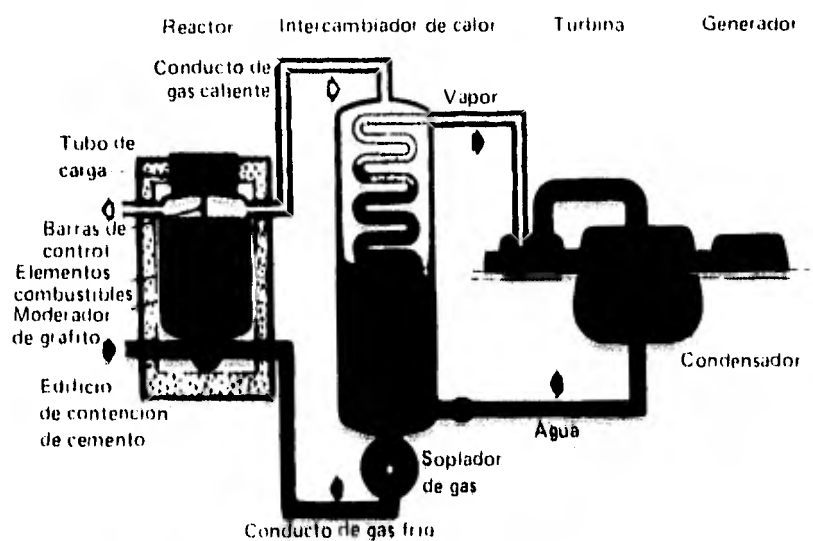


Figura 9. Diagrama esquemático del reactor Magnox.

4.1 CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS

PLANTAS CANDU - AECL

El reactor tipo PHWR surgió en Canadá como un resultado de una política de desarrollo nuclear de base nacional, orientado hacia la utilización de uranio natural y agua pesada. Para lograr esto la empresa Atomic Energy Canada Ltd. (AECL) se estableció en 1952 bajo la figura jurídica de corporación federal. Más adelante en 1955 se fusionó con Ontario Hydro/General Electric canadiense, instalando una primera planta de pruebas de 22 MWe

En 1959 lograron la aprobación para una nueva planta de energía nuclear con capacidad de 206 MWe.

En 1967, entra en operación el primer reactor CANDU, pero esta vez ya en forma comercial. De esa fecha hasta 1991 Canadá piensa tener instalados y en operación 30 reactores de potencia con una capacidad cercana a los 18 000 MWe, distribuidos en la siguiente forma:

CUADRO No. 25

CANDU: REACTORES DE POTENCIA EN OPERACION, EN CONSTRUCCION O EN PROYECTO.

Nombre	Localización	Capacidad MWe	Primera Carga
NPD	Ontario	22	1962
Douglas Pt.	Ontario	208	1967
Pickering 'A' 1	Ontario	515	1971
Pickering 'A' 2	Ontario	515	1971
Pickering 'A' 3	Ontario	515	1972
Pickering 'A' 4	Ontario	515	1973
Gentilly-1	Quebec	250	1971
KANUPP	Pakistan	125	1971
RAPP-1	India	203	1972
RAPP-2	India	203	—
Bruce 'A' 1	Ontario	746	1977
Bruce 'A' 2	Ontario	746	1977
Bruce 'A' 3	Ontario	746	1978
Bruce 'A' 4	Ontario	746	1979
Gentilly-2	Quebec	638	1982
Pt. Lepreau	New Brunswick	633	1981
Cordoba	Argentina	600	1982
Pickering 'B' 5	Ontario	516	1982
Pickering 'B' 6	Ontario	516	1983
Pickering 'B' 7	Ontario	516	1983
Pickering 'B' 8	Ontario	516	1984
Wolsung-1	Korea	629	1982
Bruce 'B' 5	Ontario	769	1983
Bruce 'B' 6	Ontario	769	1984
Bruce 'B' 7	Ontario	769	1986
Bruce 'B' 8	Ontario	769	1987
Cernavoda	Romania	629	1985
Darlington-1	Ontario	850	1989
Darlington-2	Ontario	850	1988
Darlington-3	Ontario	850	1990
Darlington-4	Ontario	850	1991

En apoyo al programa CANDU, la AECL posee y opera plantas de producción de agua pesada en Glare Bay, Bruce y en Part Hawkesburg.

Es importante observar en el cuadro No. 25 que, fuera de Canadá se han construido dos plantas con una capacidad de 328 MWe y actualmente están en construcción otras cuatro que suman 1683 que adicionadas a las ya construidas nos dan un total de 2 011 monto cercano a la capacidad que se piensa instalar a corto plazo en México.

PLANTAS BWR - ASEA ATOM

Suecia inició su programa nuclear con el desarrollo de un sistema de reactores de uranio natural y agua pesada. Esto obedeció al deseo del gobierno de establecer una política de aprovechamiento de los grandes yacimientos de uranio natural existentes, y con el objeto de minimizar la dependencia de otros países.

Comenzaron con un proyecto experimental de 80 MWe en Agesta y continuaron con una planta de energía nuclear en Marviken con capacidad de 140 MWe que utiliza un ciclo directo con un flujo de agua pesada. Sin embargo, ante una serie de problemas que se presentaron en la planta de Marviken optaron por cambiar hacia un programa de reactores de agua pesada.

La compañía ASEA se inclinó hacia el desarrollo de la línea de reactores BWR. Como resultado de esto en 1969 se creó la empresa ASEA-ATOM quedando el 50% de la propiedad en manos de la empresa ASEA y el otro 50% con el Gobierno Sueco.

A principios de 1972 se inició la operación - del primer reactor BWR con una capacidad de 440 MW_e. Las plantas que actualmente están en operación en - Suecia son:

NOMBRE		CAPACIDAD MW _e
Oaskarshamn	1	440
Oaskarshamn	2	570
Ringhals	1	750
Barsebaeck	2	570
Olkiluoko	1	660

Las plantas que se encuentran actualmente en - construcción son:

NOMBRE		CAPACIDAD MW _e
Olkiluoko	2	660
Forømark	1	900
Forømark	2	900
Forømark	3	1 060
Oaskarshamn	3	1 060

Por lo tanto las plantas en operación y en - construcción arrojan un total de 7 570 MW_e.

De acuerdo con lo anterior, se denota que Suecia tiene experiencia en este tipo de reactores que hasta la fecha y en el corto plazo puede llegar fácilmente a los 8 000 MW_e de capacidad instalada, incluyendo dos plantas en Finlandia y la solicitud de la primera planta de energía nuclear por parte del gobierno de Turquía.

Según información proporcionada por los técnicos de Suecia, el grupo ASEA-ATOM tiene capacidad para suministrar el turbogenerador y la planta eléctrica, además del equipo para la isla nuclear. Esto quiere decir, que esta compañía cuenta con la capacidad necesaria para ofrecer una planta bajo el mecanismo conocido como "Llave en Mano".

PLANTAS PWR - FRAMATOME

La compañía FRAMATOME, que opera bajo licencia de Westinghouse desde 1969, es parcialmente propiedad del Estado y es actualmente el único proveedor en Francia del Sistema PWR. Al respecto, cabe mencionar que el Programa Nuclear francés se basa fundamentalmente en este tipo de reactor PWR.

Desde que inició sus actividades la empresa - FRAMATOME le han sido ordenadas 57 unidades con un total de más de 60 000 MW_e de capacidad. Actualmente están en servicio cerca de 6 500 MW_e. Si bien esta empresa ha podido estandarizar sus plantas en unidades de 920 MW_e también puede desarrollar unidades con capacidad hasta de 1 250 MW_e.

Dentro de sus compromisos internacionales, Francia ha recibido pedidos de Bélgica, siempre y cuando se garantice una amplia cooperación por parte de la industria local, para la adquisición de tres unidades de 950 MW_e cada una. Dos plantas más de este tipo han sido solicitadas por Sudáfrica (Koeberg).

En total Francia tiene alrededor de 64 unidades en diferentes etapas de construcción y opera-

ción, tanto en el interior como en otros países:

De hecho, la experiencia francesa ha logrado funcionar porque pudieron formar un consorcio permanente que les permite ofrecer proyectos PWR llave en mano. Dicho consorcio está constituido por la empresa EDF que lleva a cabo únicamente la obra de ingeniería y arquitectura, ALSTHOM que suministra el turbogenerador y la propia FRAMATOME que provee el reactor.

Es importante señalar que en el caso de Bélgica, FRAMATOME únicamente fungió como proveedor del reactor sin influir en las otras partes del proceso, por lo que no se trata de un caso típico de proyecto llave en mano.

De los tres tipos de reactores considerados líneas atrás (CANDU, BWR, PWR) se puede decir que han alcanzado un alto grado de avance tecnológico, todos han sido suficientemente probados y todos han instalado una capacidad en operación en el mundo que permite establecer óptimos parámetros de confiabilidad.

La distribución de las 280 plantas de energía que están en construcción o en etapa de planeación en el llamado mundo occidental es la siguiente:

PWR	193
BWR	68
CANDU	19
	<hr/>
TOTAL	280

OTROS PROVEEDORES DE TECNOLOGIA NUCLEAR.

En los párrafos anteriores se han descrito brevemente los tres principales tipos de reactores de potencia y algunos de los proveedores asociados a ellos, sin embargo, existen otros fabricantes que podrían ofrecer alternativas interesantes para México.

Por ejemplo, existe otro proveedor internacional de plantas PWR que utilizan uranio natural y agua pesada, la compañía Kraftwerk Union (SIEMENS) de la República Federal Alemana. Esta empresa impulsó la tecnología de reactores de agua pesada en la década de los cincuenta con la construcción de un modelo de prueba MZFR de 50 MWe con combustible de uranio natural moderado por agua pesada y enfriada por gas. Este reactor entró en operación en 1966.

Posteriormente, la compañía SIEMENS desarrolló, diseñó y construyó otra planta de demostración de 100 MWe en Niederaichback la cual fué terminada en 1974. Esta planta también usa como moderador agua pesada y se enfría con gas CO₂, usando un diseño de tubo a presión. Más tarde llegaron al desarrollo de un modelo comercial que es el que constituye actualmente la línea central de Kraftwerk Union. En 1968 obtuvo un contrato por parte de SIEMENS para instalar una estación de energía nuclear de 320 MWe en Atucha, Argentina; misma que entró en operación seis años después. Los expertos consideran que esta planta ha obtenido resultados de operación excelentes. En la actualidad Kraftwerk Union está construyendo la segunda unidad de Atucha que se espera sea inaugurada en 1986.

Otro país que está experimentando con reactores tipo PWR, pero sobre una base nacional, es la India. Sin embargo, se estima que a corto plazo no podrá ofrecer tecnología nuclear en el mercado internacional.

En relación con el reactor de agua en ebullición (BWR), el principal productor tanto a nivel local como internacional, es la compañía General Electric de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta empresa ha firmado contratos con países como: Japón, Taiwan, Suiza, España, México y otros. Además ha suscrito un convenio de cooperación técnico científico con ASEA-ATOM de Suecia que es otro gran proveedor de BWR.

Del total de 56 plantas BWR que existen en occidente, General Electric ha vendido 36 de ellas y tiene solicitudes para 40 unidades adicionales más.

Por otra parte, también Kraftwerk Unión ha incursionado en este tipo de línea de reactores e inclusive ha vendido plantas de este tipo a los austriacos.

Otros países que han instalado plantas BWR son Japón e Italia, a través de sus empresas Hitachi y Toshiba, y AMN respectivamente, mismas que han obtenido licencias de General Electric.

En lo que respecta a la otra gran línea de reactores, la PWR (Reactores de agua presurizada) los proveedores más importantes en el mundo son: FRAMATOME, Kraftwerk Unión y Westinghouse.

Esta última ha sido requerida en Estados Unidos y otros países para abastecer 115 unidades equivalentes a 90 000 MWe. El 70% dentro de los mismos-

Estados Unidos. Actualmente tiene cerca de 18 000 - MWe de capacidad en operación.

Originalmente Westinghouse había otorgado un - contrato de licencia para PWR a la Kraftwerk Unión, el cual había expirado, sin embargo, por muchos - - años la tecnología PWR asociada con Kraftwerk Unión se ha presentado como tecnología alemana. Esta com- pañía ha recibido órdenes por 24 unidades PWR, que- representan casi 30 000 MWe de capacidad. De estas- cerca de 6 500 MWe están operando hoy en día.

En igual forma que Westinghouse, Kraftwerk - - Unión ofrece plantas en tamaños estándar de cerca - de 600 MWe (2 circuitos), 950 MWe (3 circuitos) y - 1 200 MWe (4 circuitos). Ha logrado contratos en -- Suiza, Holanda, España, Brasil e Irán, este último- recientemente cancelado.

Otras compañías que han hecho importantes apor- taciones al programa de instalación de plantas nu- - cleares sobre todo de tipo PWR son:

EMPRESA	PAIS.	CAPACIDAD SOLICITA- DA (MWe)	CAPACIDAD EN OPERACION
Combustion Engineering	E.U.A.	30 000	4 800
Bubcock and Wilcox	E.U.A.	20 000	7 000
Mitsubishi	Japón	6 000	-
Bubcock-Brown Boveri	Alemania	3 900	-
Electronucleare	Italia	1 900	-

Resumiendo los principales proveedores internacionales de plantas nucleares son:

TIPO DE REACTOR	EMPRESA	PAIS DE ORIGEN
PHWR	AECL	Canadá
	Kraftwerk Unión	Alemania
BWR	General Electric	U.S.A.
	ASEA-ATOM	Suecia
PWR	Westinghouse	U.S.A.
	Kraftwerk Unión	Alemania
	FRAMATOME	Francia

Todas estas empresas han vendido plantas en el extranjero y se espera una expansión a futuro de las plantas nucleares en el mercado internacional y una mayor competencia en el de reactores de agua ligera ya que seguramente Japón se prepara para entrar en el mercado internacional explotando esta línea, a través de sus empresas Mitsubishi, Toshiba y Hitachi.

4.1.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA PLANTA.

De acuerdo con los estudios realizados por expertos del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares 34/ en los últimos 25 años, desde el surgi-

34/ ININ. Programa Nucleoeléctrico Nacional. Análisis de los Estudios de Factibilidad, Julio 1980. Documento Interno.

miento de la energía nuclear, han entrado en operación 180 unidades en el llamado mundo occidental, - con una capacidad instalada aproximada a los 117 000 MWe, repartida más o menos en la siguiente forma -- por tipo de reactor:

TIPO DE REACTOR	PORCENTAJE %	TAMAÑO PROMEDIO POR UNIDAD MWe
PWR	51.3	775
BWR	32.0	704
MAGNOX	7.3	327
PHWR	5.4	525

Considerando que ciertas plantas sufren un factor de carga menor por razones técnicas debido a - cambios en criterios de licenciamiento, otras plantas con mejores técnicas de construcción y calidad - en la fuerza laboral logran factores de carga más - elevados.

En este sentido, los promedios anual y acumulado de los factores de carga en el mundo occidental - para plantas nucleares de unidad con tamaño superior a 150 MWe hasta 1979 se manifestó como sigue:

TIPO DE REACTOR	PROMEDIO ANUAL DE FACTORES DE CARGA %	NUMERO Y CAPACIDAD TOTAL MWe
PHWR	77.99	11 - 6139
MAGNOX	59.96	26 - 8515
BWR	57.16	51 - 35295
PWR	55.32	74 - 56790

TIPO DE REACTOR	PROMEDIO ACUMULADO FACTOR DE CARGA %	NUMERO Y CAPACIDAD TOTAL MWe
PHWR	67.47	12 - 6034
MAGNOX	62.11	26 - 8515
BWR	53.72	53 - 37295
PWR	56.32	77 - 59647

La tabla anterior denota que el PHWR presenta una gran ventaja sobre los otros tipos de reactores.

Haciendo un análisis por años tenemos la siguiente situación:

AÑO	PHWR		PWR		BWR	
	No.de Unidades	Factor de carga %	No.de Unidades	Factor de carga %	No.de Unidades	Factor de carga %
1975	6	60.8	38	65.5	29	51.8
1976	6	79.5	49	61.0	35	58.8
1977	6	74.0	56	67.1	39	50.6
1978	9	75.0	63	67.8	43	60.3

FUENTE: World Wide Nuclear Plant Performance. 1975/1978. SPRU, University of Sussex, England.

En base a este cuadro se establecen los siguientes promedios de factor de carga para cada uno de los tres tipos de reactores:

PHWR - 72.3%

PWR - 65.4%

BWR - 55.4%

Con respecto al porcentaje de paros forzados, las plantas BWR mostraron durante un período de cinco años un promedio de no disponibilidad de un 12.65 % efecto debido a la falla o a la no disponibilidad de un componente particular en el sistema

35/

35/ Estos porcentajes se estimaron en base a la experiencia con plantas en Estados Unidos y Europa para el período 1973-1977.

El reactor tipo PWR presentó un porcentaje de paros obligados del orden de 11.1%

En lo que se refiere a plantas tipo PHWR (CAN-
DU) los paros forzados promedio representaron el -
15.21%

Considerando otro período 1975/77 los paros -
programados obligados para este tipo de reactores -
fueron:

TIPO	PLANEADOS %	FORZADOS %
PHWR	7.18	22.39
PWR	17.12	27.99
BWR	18.18	34.29

FUENTE: SPRU - Report, Período 1975/77

En los cuadros que siguen se observa el compor-
tamiento de los diferentes tipos de reactor, consi-
derando: país, tipo de reactor, proveedores y los -
factores de carga.

PAÍS	TIPO DE REACTOR	FACTOR DE CARGA %
Canadá	CANDU	80.5
Francia	PWR	74.6
Suecia	BWR	64.7

PROVEEDOR	FACTOR DE CARGA %
AECL	80.5
FRAMATOME	75.3
ASEA - ATOM	63.8

Para 1980 el comportamiento de las plantas su-
ministradas por Atomic Energy Canada Limited, - -
ASEA-ATOM y FRAMATOME fué el siguiente:

PROVEEDOR	P L A N T A		UNIDAD NETA MWe	FACTOR DE CARGA 1980 %
AECL	PICKERING	1	542	90.0
	PICKERING	2	542	98.2
	PICKERING	3	542	99.4
	PICKERING	4	542	87.6
	BRUCE	1	800	87.2
	BRUCE	2	800	93.6
	BRUCE	3	800	89.9
	BRUCE	4	800	81.5
ASEA-ATOM	BARSEBAECK	1	590	77.6
	BARSEBAECK	2	590	87.6
	OSKARSHAM	1	460	94.7
	OSKARSHAM	2	590	98.9
	RINGHALS	1	780	94.5
	OLKILUOTO	1	683	90.2
FRAMATOME	BUGEY	2	960	90.4
	BUGEY	3	960	96.0
	BUGEY	4	960	96.1
	BUGEY	5	960	72.7
	FEBBENHEIM	1	930	94.1
	FEBBENHEIM	2	930	95.2
	DOEL	2	412	89.0
	TI HUNGE	1	920	80.2

De acuerdo con los datos anteriores, se deduce que los tipos de plantas nucleares que ofrecen estas tres firmas han alcanzado un alto grado de rendimiento en operación y por lo mismo, se deduce que sus resultados son óptimos en lo que a diseño, construcción y operación se refiere.

El reactor CANDU (AECL) ha alcanzado el mejor factor de carga dentro de Canadá. Su rendimiento en otros países es menos bueno pero no por problemas atribuibles al reactor sino a otro tipo de factores periféricos. Sin embargo, el comportamiento del PHWR alemán en Atucha ha sido realmente impresionante.

El reactor BWR (ASEA-ATOM) que fué surtido por Suecia a Finlandia, permitió la participación de la industria finlandesa y comprendió una captación importante de tecnología a través del mecanismo de transferencia que se adoptó.

Las únicas plantas PWR que Francia ha puesto en operación en el extranjero, son las de Bélgica, las cuales también implicarán una amplia participación de la industria belga, obteniendo buenos resultados en sus rendimientos.

Por lo que se refiere al rendimiento de las plantas, considerando su factor de carga, se puede decir que cada uno de los tipos de reactores (PHWR, PWR, BWR) han alcanzado un alto grado de madurez. Sin embargo, hasta ahora el mejor comportamiento lo tiene el CANDU comparado con los otros tipos de reactores.

4.1.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA

La localización de una planta nuclear está determinada por una serie de factores técnicos y económicos.

Entre los primeros, debemos considerar aquellos lugares cuya estructura morfológica del suelo y del subsuelo esté a salvo de fenómenos sísmicos. En segundo lugar, deben de considerarse las condiciones climáticas y ambientales, por lo que es conveniente contar con agua suficiente para complementar los mecanismos enfriadores y para poder expedir los residuos del vapor que no se utiliza. Otro factor importante sería contar con vientos favorables que permitan inhibir los gases contaminantes.

Por otra parte, cuando se instala una planta nuclear hay que considerar las necesidades de transporte de componentes grandes y/o pesados desde la parte más cercana al lugar de la instalación por tierra o por barco.

En una planta nuclear los componentes más pesados son:

CANDU (PHWR):

Calandria: cilindro horizontal con diámetro máximo de 7.6 m y largo total de 7.77 m; peso de embarque (incluyendo empaque): 243 ± 4.5 Ton. Dimensiones de embarque 8.55 x 9.95 x 8.95.

ASEA-ATOM (BWR)

Vasija del reactor: diámetro máximo de 8.8 m - (diámetro del soporte de la vasija); altura, alrede

dor de 21.5 m (sin cabeza) y peso de 650 Ton (sin cabeza).

PWR

Generadores de vapor: largo de 20.6 m, diámetro de 5.0 m y peso de 330 Ton.

Como se puede observar el componente más pesado es la vasija del reactor AEA-BWR; en caso de elegir este tipo de reactor se corre el riesgo de incurrir en costos adicionales por adaptaciones al sistema de transporte.

Por lo que se refiere al problema de la temperatura, en México se presenta la situación de que éstas son, en sus niveles promedio y máximo, considerablemente más altas que las del agua de enfriamiento usadas como base de diseño de las plantas de referencia CANDU, ASEA-ATOM y FRAMATOME. Esto implica que habrá que hacer algunas adaptaciones y ajustes técnicos de acuerdo con los lugares que se seleccionen en el territorio nacional. Las modificaciones más importantes tendrían que hacerse en el diseño de la turbina y el condensador (probablemente requiera un sobrecalentador más antes de la turbina de baja presión) y en la capacidad de los componentes de los sistemas de enfriamiento auxiliar y de seguridad (bombas, cambiadores de calor, etc.)

Por supuesto, lo anterior representaría un aumento en los costos de capital y una disminución de la potencia eléctrica neta de la planta, debido a la disminución en la eficiencia del ciclo teórico y al aumento de la energía eléctrica necesaria para operar los servicios propios causa del aumento de

bombeo del agua de enfriamiento que se necesitará.

Es factible que los tres tipos de reactor puedan adaptarse a las temperaturas del agua de mar - disponible en México. Lo mismo podría decirse con respecto a las altas temperaturas y las condiciones de humedad atmosféricas existentes en México. Esto hará que se requieran sistemas de ventilación y aire acondicionado con mayor capacidad, lo cual aumentará los costos de capital y el consumo de energía.

Si la opción se orienta hacia la elección de una localización lejana al mar, ésta requerirá equipo adicional para enfriamiento de emergencia.

Sin embargo, las modificaciones requeridas en este caso serán muy similares a las que se necesitan para plantas instaladas en las costas en localizaciones con altas temperaturas en el agua del mar.

4.1.3. SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA

Las reservas probadas de uranio en nuestro país están cuantificadas en aproximadamente 10 000 toneladas de U_3O_8 . Adicionalmente, con una exploración que abarca únicamente el 8% del territorio nacional, se han evaluado las reservas probables y potenciales, las cuales se estiman en 32 000 y 225 000 toneladas de U_3O_8 respectivamente.

Existe también la posibilidad de recuperar uranio en los procesos de fabricación de ácido fosfórico. Por ejemplo, la empresa paraestatal Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX), cuenta con la unidad de Pajaritos, en Veracruz, con una capacidad instalada de 375 000 toneladas de P_2O_5 y además tiene en eta-

pa de construcción en Cd. Lázaro Cárdenas, Michoa--
cán., dos plantas más de 198 000 t.p.a. cada una. -
La recuperación de uranio de estas plantas ascende--
ría anualmente a 157 y 160 toneladas de U_3O_8 respec--
tivamente.

Por su parte la demanda de uranio se incremen--
tará significativamente en los próximos años. De -
167 toneladas de U_3O_8 que se demandarán en 1986, el
consumo de uranio irá aumentando hasta estabilizar--
se en 3 840 toneladas de U_3O_8 que supuestamente se--
requerirán en el año 2000 de acuerdo con la meta -
programática de establecer una capacidad instalada--
de 20 000 MWe para dicho año.

Confrontando los datos de la oferta y la deman--
da de U_3O_8 , únicamente se podrían abastecer las ne--
cesidades hasta 1990 de las dos nucleoeeléctricas --
que estarán operando a fines de la presente década.
A partir de 1991, se tendrán grandes déficits, ya -
que se irán poniendo en marcha las demás plantas ge--
neradoras y por tanto, la oferta será insuficiente--
para cubrir totalmente los requerimientos de combus--
tible.

Los yacimientos uraníferos que tendrá en explo--
ración URAMEX, se agotarán en 1992. Por consiguien--
te, de no generarse nuevos proyectos, las importa--
ciones que tendrían que realizarse durante el perío--
do 1990-2000 serían alrededor de 19 523 toneladas -
de U_3O_8 , mismas que a precios actuales significa--
rían una erogación de aproximadamente 40 000 millo--
nes de pesos.

4.1.3.1. URANIO ENRIQUECIDO

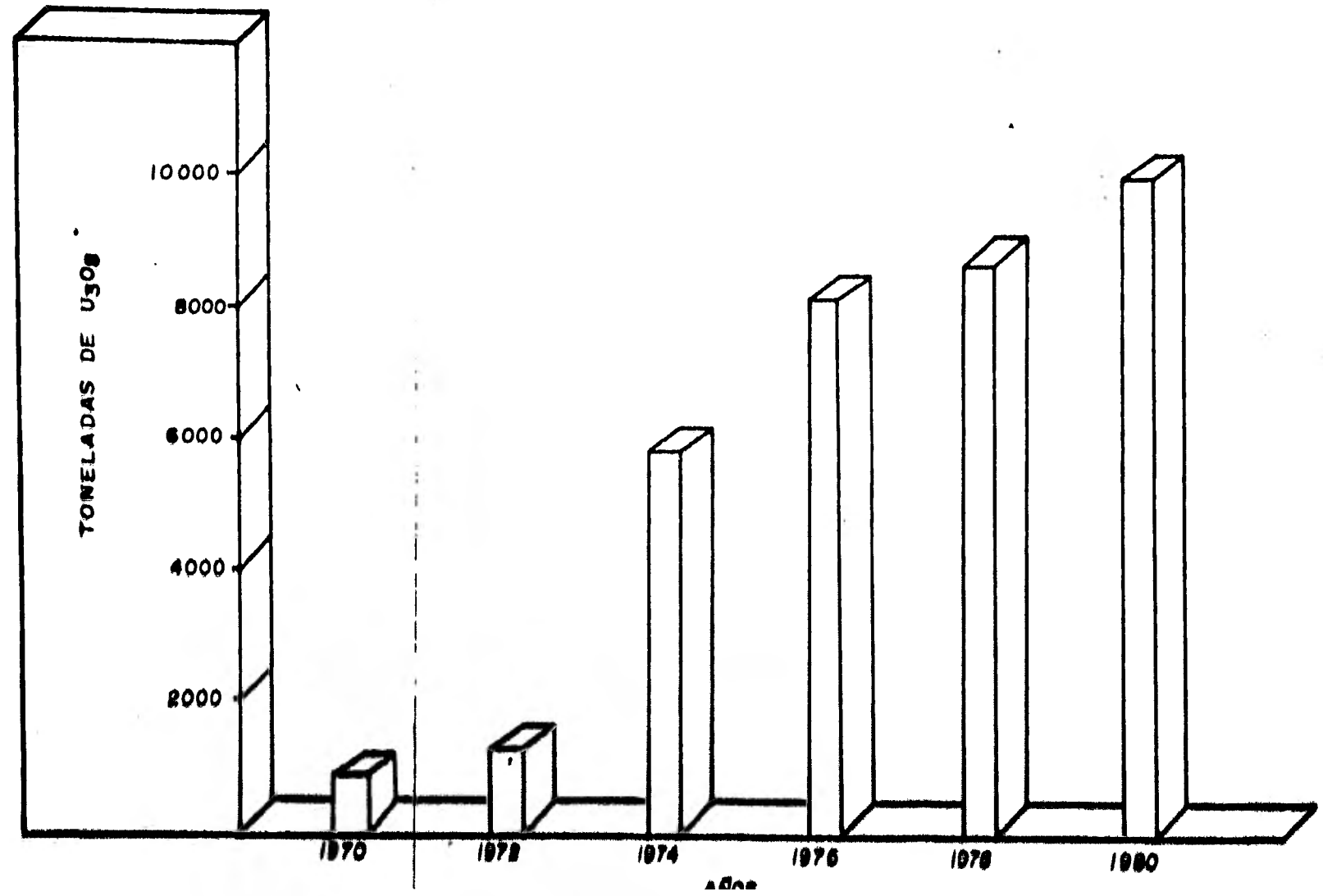
El octóxido de uranio (U_3O_8) es un polvo de color café oscuro, que se cristaliza en el sistema ortorómbico. Es un material radioactivo conocido como torta amarilla (yellow cake). En la etapa de purificación, que es la última de la que consta el proceso de recuperación, se logra un concentrado de uranio con el 55% de U_3O_8 base seca que calcinado a $500^\circ C$ tiene más del 95% en U_3O_8 .

Específicamente, el octóxido de uranio se destina a una planta purificadora, en donde la "torta amarilla" se transforma en UF_6 , misma que se lleva a las plantas de enriquecimiento en donde se concentra en el isótopo U^{235} . Después el UF_6 concentrado en el isótopo pasa a las plantas donde se fabrican los elementos de combustible. Como primer paso, el UF_6 se transforma al compuesto más indicado según sea el tipo de reactor. Para reactores de agua hirviente, generalmente se transforma en UO_2 , se preparan pastillas de tamaño y forma adecuados que se introducen en tubos de aleaciones especiales, los cuales finalmente son introducidos en los reactores de las plantas nucleoelectricas para que actúen como combustible.

En México no existe ninguna planta que realice este trabajo por lo que el octóxido de uranio tendría que enviarse a otro país para su enriquecimiento. Si se contara con una planta de este tipo los costos se disminuirían considerablemente.

Las reservas probadas uraníferas de nuestro país están cuantificadas en aproximadamente 10 000 toneladas de U_3O_8 , las cuales cubrirían las necesidades a 30 años de la Central Nucleoelectrica de Laguna Verde. Veracruz.

FIGURA No. 10
RESERVAS PROBADAS DE URANIO EN MEXICO



Para la Nucleoeléctrica de Laguna Verde, ya se ha importado el uranio requerido para la carga inicial del reactor, misma con la que se podrá trabajar aproximadamente tres años, sin consumo adicional alguno. Por este motivo será hasta 1986 cuando esta central requiera de reposición de combustible, en cantidades que fluctuarán en los primeros años - hasta mantenerse constante en 240 toneladas anuales de uranio (como U₃O₈).

Con lo que respecta al nuevo proyecto de instalación de una planta nuclear con capacidad de 2 300 MWe, se estima un consumo de 640 toneladas de U₃O₈ iniciales en 1987, que corresponden a la carga inicial del reactor. El consumo estimado es de 240 toneladas de U₃O₈ por año de operación a partir de 1990.

Estas dos plantas representarán el consumo de uranio en el decenio, el cual será mucho más bajo - comparado al de los años noventa, cuando la demanda de este energético tendrá un incremento negativo. La razón es que desde 1991 hasta 1997, irán entrando en operación las catorce nucleoeléctricas que están planeadas para arrancar en esa década. El consumo de uranio por proyecto, considerando dos plantas de la misma capacidad que la de Laguna Verde, será de 1 280 toneladas de U₃O₈ correspondientes a la carga inicial, las necesidades por año de operación serán de 480 toneladas.

Es así que, de 167 toneladas de U₃O₈ que teóricamente se demandarán en 1986, el consumo de uranio se irá incrementando paulatinamente hasta estabilizarse en 3 840 toneladas en el año 2000.

No obstante que México puede considerarse entre los 15 países con mayores reservas de uranio en el mundo, los proyectos que se tienen bastante conformados darán una producción muy por abajo de las necesidades que plantea el Programa de Energía.

CUADRO No. 26

CONSUMO ESTIMADO DE URANIO EN MEXICO.
(Toneladas de U₃O₈)

Año	Laguna Verde 1/	Proyecto I 2/	Proyecto II 3/	Proyecto III 3/	Proyecto IV 3/	Proyecto V 3/	Proyecto VI 3/	Proyecto VII 3/	Proyecto VIII 3/	Total	Acumulado
1986	167									167	167
1987	291	640								931	1,098
1988	244									244	1,342
1989	244									244	1,586
1990	248	240								488	2,074
1991	244	240	1,280							1,764	3,838
1992	240	240		1,280						1,760	5,598
1993	240	240			1,280					1,760	7,358
1994	240	240	480			1,280				2,240	9,598
1995	240	240	480	480			1,280			2,720	12,318
1996	240	240	480	480	480			1,280		3,200	15,518
1997	240	240	480	480	480	480			1,280	3,680	19,198
1998	240	240	480	480	480	480	480			2,880	22,078
1999	240	240	480	480	480	480	480	480		3,360	25,438
2000	240	240	480	480	480	480	480	480	480	3,840	29,278

- NOTAS: 1/ Datos proporcionados por URAMEX en base a estimados de la CFE.
 2/ Planta nucleoelectrica que tiene planeada arrancar la CFE antes de 1990.
 3/ Proyectos del doble de la Capacidad de Laguna Verde que son necesarios para alcanzar una generación eléctrica (a partir de energía nuclear) de 20,000 MW en el año 2,000, que propone el programa de energía en base al Plan Global de Desarrollo.

FUENTE: Gerencia de Planeación, FERTIMEX,
 Subgerencia de Proyectos
 Departamento de Estudios de Mercado y Localización
 Marzo, 1981.

FIGURA No 11
LOCALIZACION DE YACIMIENTOS URANIFEROS EN MEXICO'



URAMEX planea arrancar a finales de 1982 tres unidades beneficiadoras de minerales uraníferos en las siguientes localidades:

- Una con una capacidad de producción de 245 toneladas anuales de U_3O_8 que explotará los yacimientos de "Peña Blanca, Las Margaritas, Puerto III y El Nopal, en el Estado de Chihuahua. Las reservas probadas de los yacimientos se estiman en -- 1621 toneladas de U_3O_8 por lo que se agotará en aproximadamente siete años.
- Otra unidad de 250 toneladas anuales de U_3O_8 que explotará un yacimiento con aproximadamente -- 2 278 toneladas como reserva probada. Estará ubicado en Nuevo León y se alimentará de las minas "La Coma y Buena Vista", cuyo mineral se agotará en nueve años de operación.
- La planta restante estará ubicada en el Estado -- de Sonora, en la mina denominada "Los Amoles" -- con una reserva probada de 500 toneladas de U_3O_8 . Su capacidad instalada anual será de 59 toneladas por lo que se agotará en poco más de ocho -- años.

Existen otros dos proyectos en etapa de estudio, uno en Nuevo León con una capacidad de 80 toneladas de U_3O_8 por año que explotaría la mina de "El Chapopote". El otro operaría a base de roca fosfórica de baja concentración (de los yacimientos de Baja California) y se complementaría con mineral de importación.

Si los programas de producción de uranio por parte de URAMEX se llevan a cabo sin ningún contratiempo la cifra que se alcanzará para el período --

1983-1988 será de 554 toneladas de U_3O_8 y disminuirá hasta agotarse a partir de 1993.

En lo que se refiere a la posibilidad de recuperar uranio a través de los procesos de fabricación de ácido fosfórico, se puede hablar de dos proyectos posibles en el corto plazo.

- Una planta en la Unidad Pajaritos, Veracruz., para la cual FERTIMEX ya ha realizado los estudios de factibilidad y selección de tecnología, la cual entraría en operación en 1983.
- El otro proyecto se localizaría en la Unidad Lázaro Cárdenas, Michoacán., y estaría listo para operar en 1984.

Bajo estas bases cabría esperar una producción de uranio recuperado en los procesos de ácido fosfórico del orden de 110 toneladas de U_3O_8 para 1983, hasta llegar a 317 toneladas a partir de 1987. Estas cantidades podrían aumentarse si se instalaran plantas recuperadoras de uranio conjuntamente a todas las unidades productoras de ácido fosfórico que se construyan en el futuro.

Así, la producción nacional que podría lograrse con los proyectos realizables con relativa facilidad, sería de 664 toneladas de U_3O_8 en 1983, aumentaría hasta 871 toneladas en 1987 y disminuiría a 317 toneladas de U_3O_8 a partir de 1993. Con estos proyectos, apenas se alcanzaría una producción acumulada de 9 755 toneladas de U_3O_8 durante el período 1983-2000, cifra muy por abajo de los requerimientos para la generación de 20 000 MWe de nucleoelectricidad que marca el Programa de Energía, en base al Plan Global de Desarrollo.

CUADRO No. 27

PRODUCCION ESPERADA DE URANIO EN MEXICO.
(Toneladas de U_3O_8)

AÑO	U R A M E X			SUMA	FERTIMEX.		SUMA	TOTAL	ACUMULADO
	1/ Proyecto I	2/ Proyecto II	3/ Proyecto III		4/ Proyecto 103 Paj.	5/ LAC			
1983	245	250	59	554	110	-	110	664	664
1984	245	250	59	554	126	112	238	792	1,456
1985	245	250	59	554	141	128	269	823	2,279
1986	245	250	59	554	157	144	301	855	3,134
1987	245	250	59	554	157	160	317	871	4,005
1988	245	250	59	554	157	160	317	871	4,876
1989	151	250	59	460	157	160	317	777	5,653
1990	-	250	59	309	157	160	317	626	6,279
1991	-	250	28	278	157	160	317	595	6,874
1992	-	28	-	28	157	160	317	345	7,219
1993	-	-	-	-	157	160	317	317	7,536
1994	-	-	-	-	157	160	317	317	7,853
1995	-	-	-	-	157	160	317	317	8,170
1996	-	-	-	-	157	160	317	317	8,487
1997	-	-	-	-	157	160	317	317	8,804
1998	-	-	-	-	157	160	317	317	9,121
1999	-	-	-	-	157	160	317	317	9,438
2000	-	-	-	-	157	160	317	317	9,755

- NOTAS: 1/ Explotación de los yacimientos de "Peña Blanca", "Las Margaritas", "Puerto III" y "El Nopal" con una reserva probada de 1621 toneladas de U_3O_8 .
- 2/ Explotación de los yacimientos "La Coma" y "Buenavista" con una reserva probada de 2,278 toneladas de U_3O_8 .
- 3/ Explotación del yacimiento "Los Amoles" con 500 toneladas de U_3O_8 de reserva.
- 4/ Recuperación factible de las plantas instaladas de ácido fosfórico de la Unidad Pajaritos.
- 5/ Recuperación factible de las plantas de ácido fosfórico que están en construcción en la Unidad Lázaro Cárdenas.

FERTIMEX

GERENCIA DE PLANEACION

Subgerencia de Proyectos,

Departamento de Estudios de Mercado y Localización,

Marzo, 1981.

CUADRO No. 28

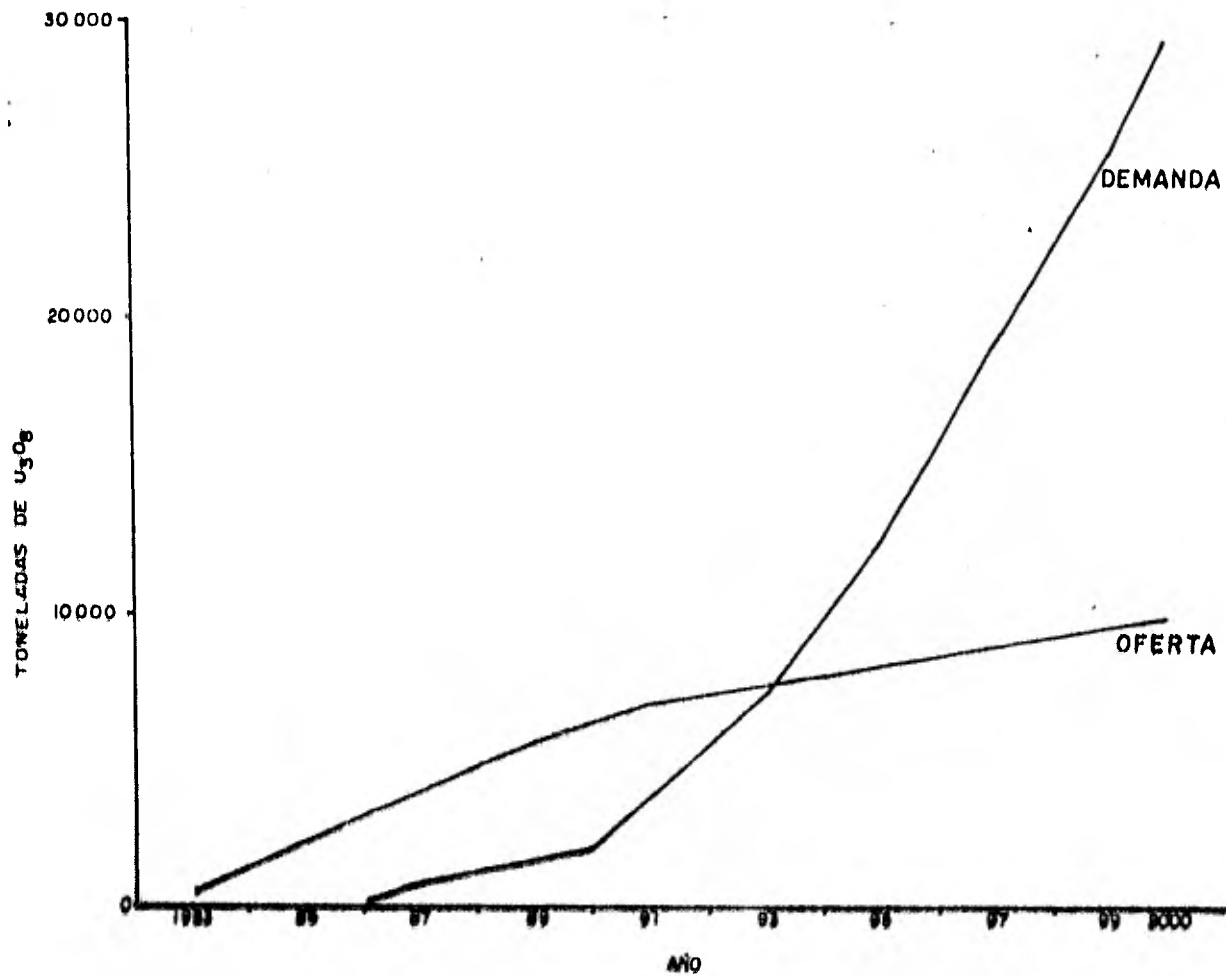
BALANCE OFERTA- DEMANDA DE URANIO EN MEXICO.
(toneladas de U₃O₈)

AÑO	PRODUCCION		CONSUMO		BALANCE.	
	TOTAL	ACUMULADO	TOTAL	ACUMULADO	TOTAL	ACUMULADO
1983	664	664	-	-	664	664
1984	792	1,456	-	-	792	1,456
1985	823	2,279	-	-	823	2,279
1986	855	3,134	167	167	688	2,967
1987	871	4,005	931	1,098	(60)	2,907
1988	871	4,876	244	1,342	627	3,534
1989	777	5,653	244	1,586	533	4,067
1990	626	6,279	488	2,074	138	4,205
1991	595	6,874	1,764	3,838	(1,169)	3,036
1992	345	7,219	1,760	5,598	(1,415)	1,621
1993	317	7,536	1,760	7,358	(1,443)	178
1994	317	7,853	2,240	9,598	(1,923)	(1,745)
1995	317	8,170	2,720	12,318	(2,403)	(4,148)
1996	317	8,487	3,200	15,518	(2,883)	(7,031)
1997	317	8,804	3,680	19,198	(3,363)	(10,394)
1998	317	9,121	2,880	22,078	(2,563)	(12,957)
1999	317	9,438	3,360	25,438	(3,043)	(16,000)
2000	317	9,755	3,840	29,278	(3,523)	(19,523)

FERTIMEX
GERENCIA DE PLANEACION
Subgerencia de Proyectos
Departamento de Estudios de Mercado y Localización.
Marzo, 1981.

FIGURA No. 12

BALANCE OFERTA - DEMANDA ACUMULADA DE URANIO



De llevarse a cabo con éxito los proyectos de URAMEX y de instalarse las plantas de recuperación de uranio en las Unidades Pajaritos y Lázaro Cárdenas de FERTIMEX, la producción nacional alcanzará - para abastecer las necesidades hasta 1990 de las - dos nucleoeeléctricas 36/ que estarán operando a fines de la década de los ochenta. Inclusive, los inventarios podrían surtir a las plantas dos años más.

Sin embargo, debido a que en la década de los noventa es cuando entrarán en operación el mayor número de centrales nucleoeeléctricas 37/, el consumo de uranio aumentará substancialmente y la oferta será totalmente insuficiente. Agrava el problema el hecho de que los yacimientos que tendrá en explotación URAMEX se agotarán en 1992. De no generarse nuevos proyectos, los déficits que se presentarían serían de 1 169 toneladas de U_3O_8 en 1991 y aumentaría hasta 3 523 toneladas de U_3O_8 en el año 2000. Las importaciones que deberían realizarse durante el período 1994-2000 serían de 19 523 toneladas de U_3O_8 que a precios actuales significaría una erogación de aproximadamente 40 000 millones de pesos. Lo que es peor aún, se tendría una dependencia casi total del mercado internacional, lo que seguramente llevaría a no alcanzar las metas propuestas.

36/ Laguna Verde en 1983 y 1984 y un proyecto adicional, sin localización definitiva, para arrancar posiblemente en 1987.

37/ Esto es debido que para la puesta en marcha de proyectos de esta naturaleza, se requiere un mínimo de seis años.

Ante esta perspectiva, es conveniente insistir en que URAMEX acelere sus programas de prospección, exploración, explotación y beneficio de los yacimientos uraníferos con que cuenta el país. En la medida que las reservas potenciales se vayan comprobando, se podrá establecer una estrategia de producción, de acuerdo a los programas del sector eléctrico. Es perfectamente factible que los yacimientos uraníferos con que contamos sean capaces de abastecer con holgura todas las centrales nucleoelectricas que se planean instalar.

Un elemento de ayuda muy importante en el logro de las metas, en cuanto a la autosuficiencia en materia de uranio, es la recuperación de este energético en el proceso de fabricación de ácido fosfórico. Ante la cifra de demanda presentadas, es imprescindible que, todas las unidades productoras de ácido fosfórico que se construyan en el futuro, estén acompañadas de una dedicada a la recuperación de uranio.

FERTIMEX, en sus programas de desarrollo, contempla la posibilidad de instalar siete plantas adicionales de ácido fosfórico, con una capacidad instalada de 198 000 t.p.a. cada una, de las cuales sería posible obtener aproximadamente 560 toneladas (en base a que operen con roca fosfórica de Baja California) anuales de U_3O_8 .

La producción de U_3O_8 a partir de fosforitas de baja concentración, puede ser una alternativa bastante atractiva, ya que los yacimientos de este tipo de minerales son muy abundantes en nuestro país. Sería conveniente realizar estudios detallados encaminados a determinar la factibilidad técnica

co-económica de este tipo de proyectos.

Es conveniente planear cuidadosamente la estructura de producción de uranio, para tener un mayor aprovechamiento de los recursos. Hay que recordar que el manejo y almacenaje de U_3O_8 no ofrece riesgos serios y por lo tanto, las cantidades que se pueden tener en inventario son relativamente grandes.

4.1.3.2. URANIO NATURAL Y AGUA PESADA

Dada la magnitud de las inversiones que se requieren y la importancia estratégica de la energía eléctrica para el desarrollo e independencia tecnológica del país, la política nuclear nacional debe estar orientada bajo los siguientes criterios:

- Máxima independencia y participación nacionales.
- Mínimo costo.
- Utilización racional de los recursos naturales.
- Perspectivas de desarrollo.

En lo que se refiere al primer criterio, las plantas de generación de energía eléctrica, incluyendo las nucleoelectricas, pueden dividirse en dos partes; el combustible y el resto de la planta.

A la fecha, en las plantas eléctricas que utilizan petróleo como energético primario, México ha sido independiente, gracias a la expropiación de la propia industria y esencialmente autosuficientes, gracias a la abundancia de las reservas. Por lo tan

to, sería sumamente riesgoso para el país si se diera marcha atrás en cuanto al criterio de independencia con respecto al combustible nuclear que se requiere para alimentar a las plantas nucleoeléctricas.

Suponiendo que las reservas probables de las que hablamos en el apartado anterior sean ciertas entonces es factible que se pueda llegar a la autosuficiencia en cuanto al suministro de energético primario para las nucleoeléctricas.

Si por otra parte se decidiese optar por la tecnología a base de uranio natural y agua pesada, entonces dicho combustible, mediante el apoyo adecuado, podría fabricarse en México en un 100% procurando el nivel de independencia que se tiene en materia de combustibles.

Una ventaja adicional, de optar por esta tecnología es el consiguiente ahorro en el precio del combustible, ya que el enriquecimiento representa un 40% del precio, además que es un servicio que se tiene que hacer en el extranjero con la consecuente salida de divisas. Estos ahorros podrían destinarse a la instalación de otros reactores de uranio natural, a la construcción de plantas de beneficio de uranio, de fábricas de elementos combustibles y de plantas de producción de agua pesada; con el consiguiente derrame de beneficios sociales y económicos, tales como: empleo, investigación y desarrollo, capacitación de la mano de obra nacional.

Con relación a la participación nacional en cada tipo de reactor, se puede probar que comparandola participación en la producción del ciclo del combustible del uranio enriquecido con aquellos en el

ciclo de uranio natural y la producción del agua pesada, ésta última es mayor en un 50% que aquella del uranio enriquecido. Esto quiere decir, que en términos de participación nacional la línea de reactores uranio natural-agua pesada presenta más ventajas que la línea de uranio enriquecido.

Por lo que respecta al criterio del mínimo costo, está probado que si hacemos un estudio de los costos para ambos sistemas de reactores y suponemos que operan en igualdad de condiciones a un 80% del factor de capacidad con tasas de descuento del 30% y de inflación hasta el 20%, el sistema de reactores de uranio natural es para todos los casos que se han estudiado más económico que el de uranio enriquecido.

No obstante, el incremento en los costos del agua pesada, la diferencia en favor del uranio natural estriba en los fuertes cambios en algunos costos básicos como:

- El kilogramo de U_3O_8 aumentó aproximadamente 6 veces su valor de enero de 1974 a junio de 1977. El reactor de uranio enriquecido utiliza un 20-30% más de U_3O_8 que el de uranio natural y por lo tanto, el aumento en el precio lo afecta más. El aumento fué de 17.6 a 99 Dls. U.S. por kilogramo.
- La unidad de trabajo separativo, unidad del servicio de enriquecimiento de uranio aumentó de 26 a 90 Dls. U.S. Por supuesto esto sólo afecta al costo del combustible de uranio enriquecido. Como se habla dicho anteriormente, el enriquecimiento representa un 40% sobre el total del costo del combustible.

Otro aspecto importante de diferenciación se da en la operación misma, y parece ser que de acuerdo con la experiencia los reactores a base de uranio enriquecido y agua ligera operan con un factor de capacidad menor que los de uranio natural en 10%.

Guiándonos por el criterio de utilización racional de los recursos naturales se puede asegurar que un sistema de reactores de uranio natural utiliza de 20 a 30% menos uranio que el de uranio enriquecido. Esto quiere decir, que los recursos naturales serán mejor conservados por el sistema de uranio natural.

Finalmente, atendiendo el criterio sobre las perspectivas de desarrollo, cuando en el futuro se instalen en México reactores de cría, se supone que esto podrá ocurrir antes del año 2000, para seguir teniendo independencia en el combustible, México deberá haber producido el plutonio necesario para estos reactores. Se supone que el plutonio se logrará con la primera generación de reactores que se operen en México, ya sea de un sistema o de otro.

Sin embargo, los factores de uranio natural producen aproximadamente el doble de plutonio que el de uranio enriquecido, pues mientras un reactor de uranio enriquecido de 600 MWe produce del orden de 126 kilogramos de plutonio por año, uno de uranio natural con la misma capacidad produce 258 kilogramos por año 38/.

38/ Krymm, R. y Waite, G., Cálculo de la Demanda Futura en Materia de Uranio y de Servicios del Ciclo del Combustible, O.I.E.A, Boletín Vol. 18 No. 5/6.

Esto significa que con reactores de uranio natural será posible producir más rápidamente el combustible necesario (plutonio) para la segunda generación de reactores, los llamados reactores rápidos de cría.

Por lo tanto, se podrían resumir las ventajas de optar por una tecnología a base de uranio natural y agua pesada en la siguiente forma:

- Una menor dependencia del extranjero en materia de combustibles nucleares.
- Una mayor participación nacional en el ciclo de combustible y en el proceso de producción de agua pesada (proceso químico complejo).
- Un esquema de costos atractivos para la alternativa de expansión nucleoelectrónica.
- Una mejor conservación y administración de los recursos uraníferos del país.
- Un stock considerable de plutonio que servirá para iniciar en México un programa de desarrollo de reactores rápidos de cría.

4.1.4 CAPACITACION Y ADIESTRAMIENTO DE PERSONAL.

En este campo corresponde al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, la formación de recursos humanos, dado los señalamientos que le indican la Ley Reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia nuclear.

En el campo de las actividades nucleares las áreas asociadas a investigación y desarrollo presen

tan carencias de personal sobre todo en los niveles de técnico y de ingeniero, sin que ello implique - que las actividades de investigación estén debida-- mente cubiertas. Esto incide desfavorablemente en la capacidad para establecer una estrategia de - - transferencia de tecnología, combinada a una marca-- da actividad de innovación, que proporcione la capa-- cidad mínima para empezar a diseñar y construir di-- versos artefactos para la utilización de energía nu-- clear 39/.

Lo específico de las especialidades necesarias, la complejidad de la tecnología involucrada y el ba-- jo número de recursos preparados hacen imperativa - la definición de diversas actividades tendientes a-- la preparación de personal.

Tres son los rubros que merecen atención espe-- cial:

- a) La definición de las tareas que debe realizar el personal preparado en el futuro.
- b) La identificación de los sistemas, ya sea dentro de los escolarizados formales o en aquellos espe-- ciales para formar y capacitar al personal co-- rrespondiente.
- c) La generación de un sistema de promoción que in-- cluya un mecanismo eficiente de orientación para detectar a los diversos programas de formación y

39/ Méndez Palma Emmanuel. El Programa de Formación de Recursos Humanos del Instituto Nacional de - Investigaciones Nucleares, ININ. Agosto, 1979.

capacitación. Entre estos candidatos se debe incluir al personal actual que tenga que ver con organismos dedicados a lo nuclear (CFE, ININ, URAMEX, CNSS, etc.), y a los egresados de universidades e institutos tecnológicos regionales, que tengan características adecuadas para trabajar en el desarrollo nuclear del país.

Dentro de este esquema se tratará de describir a través de una clasificación convencional que lo simplifique, el tipo de personal requerido:

- Investigación, innovación y desarrollo tecnológico.
- Desarrollo y mantenimiento de instrumentos.
- Control, pruebas y mediciones
- Producción de energía nucleoelectrónica y operación de reactores.
- Desarrollo de ingeniería.

4.1.4.1. NECESIDAD DE FORMACION DE RECURSOS HUMANOS PARA EL SECTOR NUCLEOELECTRICO.

Se requiere de un plazo razonable para establecer los lineamientos básicos para generar un proyecto de formación de técnicos, profesionistas y científicos, especializados en las diversas áreas de la industria nucleoelectrónica.

Por otra parte, hay que reconocer que el desarrollo nuclear es muy reciente y no se puede ser muy exigente en cuanto a la poca tradición que existe en México sobre cuestiones nucleares.

El establecer como meta programática llegar a la instalación de 20 000 MWe de capacidad de generación de electricidad de origen nuclear implica en términos de personal especializado, la formación de 140 000 gentes que irían desde la categoría de obrero especializado hasta postdoctorados 40/.

Sin embargo, esta estimación gruesa sólo sería válida si el país tuviera la capacidad interna de fabricar el 100% de las plantas nucleoelectricas. Pero la realidad es otra: suponiendo que utilizaríamos parte de la capacidad industrial instalada, México podría fabricar algunas de las partes y componentes nucleares, y el resto ir obteniéndolo a través de una estrategia adecuada de transferencia de tecnología. Según cálculos optimistas, para el año 2000 la industria nuclear estará integrada en un 75% de partes nacionales. Esto quiere decir, que para ese mismo año se tendrá que contar con cerca de 70 000 personas que, con diferentes niveles de preparación, participen en el programa nucleoelectrico nacional.

Se puede dividir el área de las actividades involucradas en la industria nucleoelectrica en cinco grandes rubros:

- Construcción e instalación de las plantas. - Aprovechando la experiencia de Laguna Verde, donde laboran cerca de 13 000 personas, se requerirán 20 000 gentes nuevas de buena calidad para esta área.

40/ Op. Cit. Méndez Palma Emmanuel.

- Operación de las plantas. Después de instaladas, las plantas requerirán para su operación de cerca de 8 000 personas.

- Fabricación de componentes. Se estima que la industria requerirá de la captación de 30 000 obreros especializados, técnicos y profesionistas.

- Ciclo de combustible. Se calcula que las actividades de extracción y beneficio del uranio y en general las relacionadas con el ciclo de combustible tendrá necesidades cercanas a 5 000 personas.

- Investigación y desarrollo. En los niveles de excelencia, habrá que redoblar esfuerzos, pues de lo contrario de no contar para los próximos 18 años con el número de maestros, doctores y especialistas que se requerirán, será inútil todo esfuerzo de transferencia real de tecnología. La meta deseable sería alcanzar la formación de 5 000 investigadores y técnicos de apoyo especializados en el campo nuclear que pudieran incidir favorablemente en el diseño, construcción, operación, y vigilancia (control y seguridad) de las plantas nucleoelectricas que se instalarán de aquí al año 2000.

Las ramas metal mecánicas ocupan el primer lugar en cuanto a requerimientos de formación de personal, incluyendo químicos, ingenieros químicos con preparación en metalurgia, en química inorgánica, en control de calidad, en radioquímica, etc.

En segundo lugar, son las ingenierías las que presentan las mayores necesidades de personal con nivel profesional o más alto.

Por otra parte, se requerirá una preparación -

general sobre temas que hoy en día no se cubren regularmente, tales como: física moderna, ciencia de materiales y nociones de ingeniería nuclear.

Desde el punto de vista cuantitativo, las carreras de ingeniería existentes producen un flujo anual de cerca de 15 000 egresados, que aumentan en por lo menos 10% cada año. Tal vez la distribución entre las diferentes ramas tenga que alterarse. El egreso en áreas metal-mecánicas es tan sólo de 16 a 18% del total, lo cual es insuficiente. Por esta razón, puede apuntarse que los ingenieros químicos tendrían que cubrir aspectos relacionados con la producción de componentes mecánicos.

En cuanto a la formación de profesionales de la química, el egreso actual del nivel licenciatura es razonable. Para aquellos interesados en el área nuclear se tendrán que proporcionar cursos adicionales. Podría resumirse esta cuestión al establecerse que, desde el punto de vista cuantitativo, no parece haber problema en el nivel de licenciatura. Sin embargo, el aspecto cualitativo merece un análisis que debe hacerse con detenimiento.

Con el objeto de no generar falsas expectativas a los egresados del sistema de educación superior, el programa nucleoelectrico tendrá forzosamente que incluir en los planes de fomento a los estudios de maestría y doctorado, a través de convenios específicos con algunas instituciones de educación superior. En virtud de que la especialización en los niveles de postgrado se produce a través de las actividades de investigación, será fundamental integrar equipos especializados que se preparen para la ejecución de proyectos concretos de investigación

en cualquiera de las disciplinas aplicadas a la nucleoelectricidad.

Por otra parte, los proyectos de investigación que sea necesario asociar al programa nuclear tendrán que empezar a generarse bajo la misma fórmula de convenios con instituciones de investigación del sector paraestatal.

4.1.4.2. LA FORMACION DE RECURSOS HUMANOS DE ACUERDO A LAS PROPUESTAS DE AECL, ASEA-ATOM y SOFRATOME.

En este sentido se consideran los requerimientos de recursos humanos en relación a:

- Plantas nucleares
- Instalaciones para el ciclo de combustible nuclear

PLANTAS NUCLEARES

Evaluación de los factores comparativos que afectan el Programa

Como en el caso de la evaluación de la participación de la industria mexicana, existen diferentes factores con respecto a los requerimientos de recursos humanos, que hacen difícil poner los estudios de AECL, ASEA-ATOM y SOFRATOME en bases razonablemente comparativas. Este problema está relacionado principalmente con el establecimiento de los requerimientos de recursos humanos para la industria mexicana, en vista de las amplias diferencias en los estudios arriba mencionados relativos al grado/pro-

porción de la participación industrial. Considerando los requerimientos de recursos humanos, desde el aspecto del diseño de planta, construcción y operación, existen bases razonables para hacer comparaciones hasta el año 2000, ya que la extensión del programa nuclear involucra una capacidad instalada similar para plantas CANDU, BWR y PWR.

Primero, se considera el aspecto del diseño de planta, construcción y operación, seguido por consideraciones en relación a recursos humanos para la industria.

Los requerimientos de Diseño, Construcción y Operación están principalmente asociados con:

- Trabajo de arquitectura-ingeniería.
- Administración del sitio, supervisión y trabajo de ingeniería.
- Trabajo de construcción de la planta.
- Operación de la planta.

Hay requerimientos adicionales como planeación, implementación de proyectos, administración general de contrato, etc.

Caso de AECL

Para la operación y mantenimiento de una planta nuclear CANDU de 2 x 638 MWe, se requiere un número de 328 personas para las plantas iniciales.

En base al programa nuclear propuesto se indican los siguientes requerimientos (20 plantas de 2 x 638 MWe hasta el año 2000).

<u>Año</u>	<u>Arquitectura Ingeniería</u>	<u>Administración de sitio</u>	<u>Construcción y Licenciamiento</u>	<u>Operación</u>
1982	-	-	-	-
1983	330	7	24	-
1984	720	122	711	-
1985	940	280	2290	-
1986	910	470	5095	-
1987	870	680	8950	-
1988	900	910	11850	-
1989	870	985	11880	-
1990	925	1040	12590	492
1991	950	1070	12960	984
1992	990	1215	13930	1476
1993	990	1260	13640	1968
1994	1045	1325	13030	2624
1995	1160	1320	13190	3280
1996	1300	1440	13900	3820
1997	1390	1500	15220	4360
1998	1450	1680	17080	4901
1999	1530	1785	18360	5441
2000	1660	1980	18650	5943

NOTA: Estos continuos incrementos de personal reflejan la propo-
sición de instalar plantas adicionales hasta el año -
2015.

En cuanto al número de personal mexicano asociado con lo anterior AECL indica lo siguiente:

Para el trabajo de arquitectura-ingeniería, la participación mexicana se incrementará como sigue:

- del 35% al 92% en el período de 1983 a 1989 aproximadamente.

Para la administración del sitio

- del 75% al 100% en el período de 1983 a 1987.

Para la construcción en el sitio

- el 100% desde el principio del programa.

De los valores anteriores se puede ver que habrá una rápida transferencia de tecnología en cuanto a la arquitectura-ingeniería en particular. Esto quiere decir el tener a la mano en 1986 algo así como 800 ingenieros y técnicos bien entrenados y autosuficientes; a finales de los 80's se requerirá un número similar para la administración y supervisión del sitio. Los requerimientos para el personal de operación no son inmediatos, sin embargo, se requiere un programa de entrenamiento que deberá ser iniciado sin demora.

Caso de ASEA-ATOM

La propuesta de ASEA-ATOM es más complicada, pues cada uno de los requerimientos se consideran por separado.

El personal de la división de plantas nucleoelectricas de CFE deberá ser responsable de:

- Planeación del proyecto
- Selección del sitio

- Otros reportes de seguridad
- Especificaciones, evaluaciones, negociaciones de contrato
- Revisiones de diseño y garantía de calidad
- Administración de contratos
- Administración del sitio y supervisores de la construcción y de licenciamiento.
- Personal técnico de apoyo para el sitio, etc.

En otras palabras, ASEA-ATOM supone una estructura de CFE para un contrato llave en mano.

ASEA-ATOM provee en detalle todas las categorías del personal requerido del cual 85% es profesional. Los requerimientos totales se incrementarán hasta el año 2001 como sigue:

<u>Año</u>	<u>Núm. de personal</u>	<u>Año</u>	<u>Núm. de personal</u>
1980	15	1991	458
1981	33	1992	476
1982	62	1993	511
1983	114	1994	541
1984	169	1995	570
1985	224	1996	599
1986	260	1997	662
1987	335	1998	690
1988	389	1999	690
1989	420	2000	706
1990	438	2001	708

ASEA-ATOM presenta un desglose detallado de las categorías de personal que el proveedor requiere para la administración del sitio; no se dan detalles para la arquitectura-ingeniería de la construcción y sólo se presentan algunas sugerencias generales puestas en marcha sobre los requerimientos del reclutamiento y entrenamiento inicial.

La omisión de los requerimientos de arquitectura-ingeniería podría ser el resultado de la duplicación del texto referido "requerimientos de la compañía eléctrica".

Los requerimientos para la administración del sitio, que incluyen la supervisión de la construcción y puesta en marcha, es como sigue:

<u>Año</u>	<u>Núm. de - Personal</u>	<u>Año</u>	<u>No. de - Personal</u>
1982	4	1993	821
1983	25	1994	837
1984	58	1995	886
1985	117	1996	940
1988	228	1997	999
1987	337	1998	1034
1986	412	1999	1132
1989	533	2000	1224
1990	674	2001	1276
1991	768	2002	1280
1992	801	2003	1280

El personal arriba mencionado es principalmente ingenieros y técnicos profesionales.

Los requerimientos para la construcción y montaje, es decir obreros y técnicos calificados y semi-calificados serán como sigue:

1982	-	1993	-
1983	324	1994	9909
1984	1376	1995	11007
1985	2446	1996	11366
1986	3472	1997	12162
1987	4340	1998	13612
1988	6267	1999	14288
1989	7678	2000	15056
1990	8774	2001	15352
1991	9447	2002	15352
1992	9595	2003	15352

Caso de FRAMATOME

El estudio de FRAMATOME no incluye ninguna evaluación de los requerimientos de personal. Se dieron indicaciones del número de personas para operación y mantenimiento, es decir 328 personas para una planta de 2 x 926 MWe, pero no se dieron datos para el total del programa, ni los requerimientos para la arquitectura-Ingeniería, administración del sitio y construcción.

Requerimientos para la Industria

El grado y porcentaje de la participación de la industria nacional requiere de un estudio más de tallado, por tanto, se considera inapropiado el tratar de evaluar los requerimientos de personal asociado con la industria mexicana sin antes desarrollar un escenario firme y realista del porcentaje de tal participación.

Los requerimientos de personal en la industria, en términos del programa nuclear según ASEA-ATOM serán como sigue:

<u>Año</u>	<u>No. de personal</u>
1980	5082
1990	14850
2000	32151

Seguramente estos datos suponen la productividad potencial del personal en México, aunque ello no está claro. Si se supone que se adopta una estrategia en cuanto a la participación Industrial a fin de lograr un incremento importante en la participación mexicana, entonces se notará un aumento porcentual similar irrespectivamente del tipo de planta nuclear; Otro factor que debe tenerse en mente es que dada una capacidad instalada futura de plantas nucleares, el sistema CANDU involucrará más unidades.

Por ejemplo, 20000 MWe de capacidad representarán aproximadamente, 31 unidades de CANDU, 21 unidades PWR y 19 unidades BWR. Por tanto, por muchos componentes el número requerido será mucho más grande para un programa CANDU y resultará en requeri-

mientos de personal más altos para la industria.

Como se mencionó previamente, no es posible obtener comparaciones definitivas en cuanto a los requerimientos de personal con las bases de información proporcionadas por AECL, ASEA-ATOM y FROMATOME. Sin embargo pueden hacerse algunas observaciones generales:

- Los requerimientos de personal para las oficinas centrales de CFE es posible que sean similares para los tres tipos de planta. En este sentido los números reales requeridos están influenciados en cuanto a la decisión del manejo del proyecto, es decir llave en mano o no llave en mano.
- Los requerimientos de personal para arquitectura Ingeniería también será similar y a largo plazo; el grado de estandarización que se logre será muy significativo en el uso racional de la capacidad nacional.
- Los requerimientos para el personal de administración en el sitio se verán afectados por el grado de supervisión que juzgue CFE que deberá tener y no por el tipo de planta nucleoelectrónica.
- El esfuerzo involucrado en los trabajos de construcción en el sitio es, bajo las condiciones mexicanas, difícil que difiera significativamente en cualquiera de los tres tipos. En la base de KW instalados es, sin embargo, más seguro que sea mayor para el tipo CANDU debido al alto grado de trabajo de ensamble asociado al reactor.

- Para la operación de la planta nucleoelectrónica, la cantidad de personal estará influenciada directamente por las preferencias de CFE, en cuanto a la capacidad de mantenimiento requerido en la planta. No se considera que este punto tenga una importancia real en cuanto al tipo de plantas nucleares estudiadas, excepto que, en bases específicas, las plantas de dos unidades se beneficiarán sobre las de una.
- No se puede obtener una conclusión definitiva en lo referente a requerimientos de personal para la industria mexicana ya que primero deberá aclararse la estrategia para la participación industrial.
- En cuanto al entrenamiento de personal, es claro que se requiere un mayor trabajo a fin de establecer las necesidades de instalaciones y la manera en la cual el reclutamiento y entrenamiento pueden ser programados para cumplir con los requerimientos del programa.

INSTALACIONES DEL CICLO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

Evaluación de los Programas Comparativos que Afectan el Programa

De acuerdo a lo comparado con los requerimientos de recursos de personal para las plantas nucleoelectrificadas, en términos de las instalaciones para el ciclo de combustible nuclear, este asunto tiene contrastes muy amplios dadas las diferencias

fundamentales, uranio natural (CANDU) comparado con uranio enriquecido (PWR y BWR).

Por un lado, existen los requerimientos esenciales para la fabricación de combustible y agua pesada, mientras que en el otro, existen los requerimientos de conversión, enriquecimiento y fabricación.

Caso de AECL

AECL propone el establecimiento de una planta de fabricación de combustible que proporcionará -- aproximadamente el 33% del combustible inicial requerido para las unidades que entran en operación -- en 1990, y que será fabricado en México.

De 1994 en adelante, AECL indica que México -- puede lograr el 100% de participación.

En base a ello se tendrían los siguientes requerimientos de personal:

<u>Año</u>	<u>No. de personas</u>	<u>Año</u>	<u>No. de Per- sonas</u>
1981	-	1991	525
1982	19	1992	1050
1983	43	1993	1410
1984	132	1994	1475
1985	230	1995	1475
1986	295	1996	1475
1987	295	1997	1475
1988	295	1998	1705
1989	295	1999	1770
1990	295	2000	1800

Este nivel de personal está basado en la construcción de una planta inicial con capacidad de 600 Mg/U por año, con una expansión programada para llegar a 1200 Mg/U por año en 1992, y con la posibilidad de expandirse aún más a 2000-3000 Mg/U por año.

Planta de Agua Pesada

AECL propone el establecimiento de plantas para la producción de agua pesada empezando con una capacidad de 90 Mg. por año en el año de 1988 y llegue a una capacidad de 2764 Mg. por año en el año - 2000.

Considerando esta base, el número de personas requerido es como sigue:

<u>Año</u>	<u>No. de Personas</u>	<u>Año</u>	<u>No. de Personas</u>
1981	-	1991	2435
1982	30	1992	2835
1983	20	1993	3235
1984	250	1994	3605
1985	525	1995	3935
1986	700	1996	4115
1987	935	1997	4060
1988	1170	1998	4010
1989	1585	1999	4000
1990	2025	2000	4000

Caso de ASEA-ATOM

ASEA-ATOM sugiere el establecimiento de una planta para la fabricación de combustible con una capacidad inicial de 400 Mg/U por año en 1990/91, seguida por una expansión para alcanzar una capacidad de 1350 Mg/U anual para el año 2001.

En base a ello el número de personas requerido es aproximadamente como sigue:

<u>Año</u>	<u>No. de Perso nas</u>	<u>Año</u>	<u>No. de Perso nas</u>
1984	-	1993	510
1985	15	1994	615
1986	30	1995	715
1987	70	1996	760
1988	140	1997	840
1989	190	1998	870
1990	260	1999	880
1991	350	2000	915
1992	435	2001	930

Caso de SOFRATOME

SOFRATOME no provee detalles para los requerimientos de personal asociado con el establecimiento de una planta para la producción de combustible nuclear. Sin embargo, podemos suponer que el número de personas requerido será igual al propuesto para los BWR.

En resumen la información proporcionada para los requerimientos de personal necesarios para la fabricación de combustible por ASEA-ATOM y AECL, son razonablemente consistentes. El estimado presentado por AECL de 4000 personas para el año 2000, para las plantas de agua pesada, corresponden a las expectativas en bases específicas.

No puede llegarse a conclusiones significativas en esta etapa en cuanto a los requerimientos de personal para probables instalaciones de reconversión, enriquecimiento, etc., debido a la falta de información, así como al desconocimiento de las escalas de tiempo involucradas, y la influencia de la participación industrial mexicana comparada con las adquisiciones en el extranjero. Con todas estas incógnitas es muy difícil establecer la demanda total de los recursos humanos.

4.1.5 COSTOS Y LINEAMIENTOS ECONOMICOS

Las propuestas de AECL, ASEA-ATOM y SOFRATOME incluyen una evaluación económica y de costos de sus plantas de referencia, cubriendo capital, gastos de operación, ciclo de combustible y costos de generación.

Dichas propuestas incluyen estimados de costos de capital basados en las plantas de referencia -- construidas en el país de origen y en México. Fue necesario, para poder hacer comparaciones, basarse en los costos de capital del país de origen.

Con los costos de capital calculados bajo las bases anteriormente mencionadas y utilizando datos consistentes de costos del ciclo de combustible se calcularon los costos de generación.

COSTOS DE CAPITAL

Los costos de capital especificados para las tres plantas de referencia, se resumen a continuación (precios de mediados de 1979, dados en millones de pesos).

Costos de capital en el país de origenCostos directos (sin incluir terrenos, derechos de los terrenos carga inicial y D20)

	CANDU 2 x 638 MWe	PWR 2 x 926 MWe
Obra civil y estructuras	3268.25	5520.0
Isla nuclear	4733.44	8040.0
Turbogenerador y Aux.	2541.94	6000.0
Equipo eléctrico	993.76	1940.0
Equipo misceláneo	1102.65	580.0
Materiales especiales	5.69	Incluidos
Total de costos directos	12645.73	22080.0

Costos indirectos (sin incluir intereses durante la construcción y escalación)

Instalación de instrumentación, equipo y servicios.	1014.46	1310.0
Servicios de Ingeniería	4118.35	4500.0
Otros costos	Incluidos	440.0
Total de costos indirectos	5132.81	6252.0

Cuentas especiales

Costos especiales	5022.83	Incluidos
Contingencias	--	2210.0
Total	<u>22801.37</u>	<u>30542.0</u>
Costos específicos M\$/Kw	17869.0	16941.0

Se supone que los estimados de costo representan plenamente y reflejan las condiciones generales y específicas de cada país de origen, esto es, todos los aspectos de la situación del mercado, los requerimientos de las empresas eléctricas y los requerimientos actuales respecto a criterios de seguridad y licenciamiento.

Comparaciones sobre los costos del CANDU

Los niveles de costos y las diferencias entre las plantas PWR y BWR son bastante bien conocidas y han sido "puestas a prueba" en innumerables ocasiones como resultado de ofertas competitivas para muchos proyectos nucleares en muchos países.

Sin embargo, respecto a comparaciones de costos entre reactores de agua ligera y plantas CANDU, hay poca experiencia similar. En Europa Occidental, se han considerado las plantas CANDU por varias compañías de servicio público, pero no se puede recordar una situación en que una oferta en firme de CANDU se enfrentara a una oferta en firme de reactores de agua ligera. En general, se puede decir que las plantas CANDU vendidas fuera de Canadá, han resultado principalmente de contratos a partir de negociaciones directas. Sin embargo, a pesar de la falta de situaciones para comparar ofertas entre los reactores de agua ligera y las plantas CANDU, existe sin embargo un número de estudios de costos llevados a cabo por diversos grupos, en los cuales se han hecho evaluaciones detalladas de los costos relativos de capital de las plantas CANDU y los reactores de agua ligera.

Los primeros estudios de costos generalmente daban como resultado el que había ventajas sustanciales en el costo de capital para los reactores de agua ligera, por ejemplo en los estudios de finales de los sesentas y principios de los setentas.

En Sudáfrica, por ejemplo, estudios de unidades de 500 MWe indicaban que el CANDU resultaba un 30% más caro en costos totales de capital (sin contar la primera carga, agua pesada, e intereses durante la construcción).

Esta gran diferencia se debió probablemente al hecho de que el CANDU estaba más en la "etapa de aprendizaje" en ese tiempo comparado con los reactores de agua ligera y porque en aquellos tiempos los requerimientos de seguridad/licenciamiento en los países proveedores de reactores de agua ligera eran menos exigentes que los que existen hoy en día.

En años más recientes, algunos estudios de costos tienden a mostrar la posición de CANDU bajo condiciones más favorables. Por ejemplo, estudios hechos por el OIEA (con base en costos de 1976) indicaban que el CANDU era un 15 a 17% más caro, en costos directos de planta, que una planta PWR del mismo tamaño, en el mismo lugar y ambos diseñados para cumplir los requisitos de seguridad y licenciamiento de los E.U. El estudio del OIEA también indicaba que el CANDU podría tener una considerable ventaja en costo directo de capital sobre un PWR, en unidades de 600 MWe, si el CANDU estuviera basado en criterios canadienses de seguridad y licenciamiento y el PWR estuviera basado en los criterios de los E.U.

Sin embargo, tales comparaciones en el límite-

bajo el rango de tamaños del PWR pueden ser muy engañosas, ya que en los años recientes los costos específicos de los tamaños menores de reactores PWR (y de los BWR) han aumentado considerablemente debido a la falta de demanda de unidades de 600 MWe de reactores de agua ligera y el correspondiente mayor efecto en costo por los requerimientos de seguridad y licenciamiento puestos al día para unidades menores de agua ligera.

Estudios llevados a cabo en 1975 por una empresa de servicio público europea (con base en costos de mediados de 1974) indicaban que un CANDU de 638-MWe era un 19% más caro en costos específicos de capital (base "llave en mano") que un PWR de 926 MWe. Como en los ejemplos anteriores, esta comparación excluía el costo de la primera carga, el agua pesada, intereses durante la construcción y escalación. Se entiende que la base de los requisitos de licenciamiento para esa comparación era "más o menos" la del país de origen. Desde esos tiempos los criterios para conceder licenciamiento se han endurecido en la mayor parte de los países proveedores de reactores de agua ligera.

Otro estudio reciente (con base en costos de 1977) hecho por una empresa europea de servicio público, indica que una planta CANDU 2 x 638 MWe sería un 30% más cara en costos específicos de capital totales que una planta PWR de 1100 MWe.

De los casos anteriores, se puede decir que es obvio que los reactores de agua ligera tienen una ventaja definida en costo de capital sobre el CANDU, cuando se comparan:

- Unidades CANDU de 638 MWe contra unidades de 920-MWe de agua ligera (LWR)

Sin embargo, también es obvio que el grado de esta ventaja en costos es menos definida y será influenciada por las suposiciones hechas, las diferencias en participación local y las diferencias en criterios para conceder licencia de operación en los países involucrados.

En una base normalizada de evaluación de costos, uno esperaría que el componente "isla nuclear" - del CANDU sea más caro que un PWR y un BWR. Esto se debe a factores tales como:

- Recarga de combustible a plena carga
- Mayor complejidad del sistema del reactor, es decir, tubos de presión, tubería, sellos, etc.
- Sistemas adicionales para enfriamiento y tratamiento del moderador.
- Planta de enriquecimiento de agua pesada de reposición.

Considerando los costos de capital estimados de AECL, SOFRATOME y ASEA, cabe hacer los siguientes comentarios:

- a) Los estimados de ASEA-ATOM y SOFRATOME, como se mencionó previamente, se consideran realistas en términos de construcción tanto en su país de origen como en Europa Occidental, en general.
- b) No es posible hacer ningún comentario significa-

tivo sobre los estimados de AECL. Presumiblemente reflejan el mercado y la situación general en Canadá, aunque es un poco sorprendente el aparente bajo costo del turbogenerador y auxiliares; - sin embargo, mientras otros estimados de costo - para las plantas PWR y BWR se basan en el concepto "llave en mano" de suministro y las responsabilidades, riesgos y obligaciones asociadas, uno tiene la impresión de que el estimado de AECL - puede no incluir tales "relaciones comerciales"- en los costos.

- c) Aunque es obvio que hay diferencias intrínsecas de costo entre el CANDU y los reactores de agua ligera, sin embargo el factor sobresaliente que afecta tales diferencias de costo está relacionado con los criterios de seguridad y licenciamiento.
- c) En resumen se considera razonable "aceptar" los estimados de AECL, SOFRATOME y ASEA-ATOM como una base general para la comparación de costos de capital.

Por lo tanto, en esta base los estimados serían como sigue:

AECL/CANDU	M\$ 22801.37 millones ó M\$ 17869.0/Kw
ASEA-ATOM/BWR	M\$ 18575.7 millones ó M\$ 17860.0/Kw
SOFRATOME/PWR	M\$ 30542.0 millones ó M\$ 16599.9/Kw

Costos de Capital en México

Los costos de capital especificados para las tres plantas de referencia por AECL, SOFRATOME y ASEA-ATOM se resumen a continuación (Base: Precios de mediados de 1979 en millones de pesos y en la localidad de Laguna Verde).

Costo directo: (sin incluir terreno, derechos de terreno, primera carga y D₂O)

	CANDU 2 x 618 MWe*	PWR 2 x 914 MWe*	BWR 1 x 1010 MWe*
<u>Costos directos</u>			
Obra civil y estructuras	3336.23	6140.0	4340.1
Isola nuclear	4744.37	10350.0	6222.0
Turbogenerador y Aux.	2593.70	8060.0	4799.1
Equipo eléctrico	1013.54	2460.0	1479.0
Equipo misceláneo	1121.98	750.0	357.0
Materiales especiales	5.68	Incluido	Incluido
Total de costos directos	12815.50	27760.0	17197.2

* Potencia Neta ajustada para considerar las condiciones en México.

Costos indirectos

Obras provisionales para construcción, equipos y servicios.	1035.56	1520.0	--
Servicios de Ingeniería	4150.98	6590.0	1377.0
Otros costos	--	1630.0	--
Total de Costos indirectos.	5186.53	9740.0	1377.0

Costos adicionales

Costos especiales	5103.08	--	--
Contingencias	--	2780.0	--
T o t a l	<u>23105.11</u>	<u>40280.0</u>	<u>18574.2</u>
Costos específicos M\$/Kw	18693.0	22035.0	18210.0

Comparación de los estimados de costo para México

Como se puede anotar de la tabla anterior de costos estimados existe una amplia discrepancia en la transferencia de costos a México con respecto a los costos en el país de origen. A este respecto los costos del CANDU se aumentan sólo en una cantidad muy marginal, los costos del BWR son virtualmen

te los mismos, mientras que los costos del PWR están estimados con un incremento considerable, es decir, en más de 30%.

Al revisar los tres estudios, aparentemente sólo el estudio de SOFRATOME cubre la cuestión de la "transferencia de costo" con razonable profundidad. Parecerá que los estudios de AECL y de ASEA-ATOM se basan esencialmente en la premisa de que habrá poca diferencia en el costo de capital al construir su tipo particular de planta nucleoelectrica en México, debido a la participación considerable de la industria local y contratistas y su capacidad para producir a costo similar que en el país de origen. Esta premisa se puede considerar válida con transferencias entre naciones en estado avanzado de industrialización, pero es extremadamente débil respecto a las transferencias a naciones menos industrializadas.

En conexión con esto se considera que el enfoque de SOFRATOME es mucho más realista, ya que es probable que haya un marcado incremento de costo para las primeras plantas. En este aspecto, esto dependerá de una gran variedad de factores desconocidos en el presente, tales como los convenios técnicos, administrativos, institucionales y comerciales que afectarán la transferencia de tecnología, los enfoques adoptados en las estrategias de los proyectos, el grado de respaldo tecnológico de "otras" organizaciones relacionadas en el país de origen, el grado "realista" de participación local, las políticas frente a las implicaciones de riesgo/beneficio de la participación local, etc.

Dada la dificultad para hacer una evaluación a fondo de las posibilidades de participación local, niveles de costo, riesgos, etc. para cada tipo de planta nuclear, a fin de evaluar razonablemente la magnitud probable de las diferencias de costo entre el país de origen y México, se considera que es más apropiado y realista el basar las comparaciones económicas, de los tipos de plantas nucleares, en los estimados de costo en los países de origen.

En otras palabras, este enfoque involucra menores riesgos al comparar costos relativos, en vez de hacer suposiciones amplias respecto a los costos probables en México. Como una posición general, sin embargo, se considera que para las primeras plantas el nivel de participación local podrá ser similar para cada tipo de planta nucleoelectrónica y que dada las necesarias y apropiadas transferencias tecnológicas y organizacionales que se establezcan, el aumento probable de costos en México, comparado con los del país de origen, podrían ser similares para cada tipo de planta nucleoelectrónica.

Por lo tanto, la base para las evaluaciones económicas serán los estimados de costo de capital de los países de origen.

Bases de Costo de Capital para Comparaciones Económicas

Por las razones mencionadas en la sección anterior, las bases de costo de capital para comparaciones económicas serán hechas sobre la base de los

costos previstos en el país de origen.

A este respecto tenemos los siguientes estimados de costo (con base en los precios de mediados de 1979)

CANDU	PWR	BWR
2 x 628	2 x 926	1 x 1040
MWe	MWe	MWe

Costos de Capital

(excluyendo la primera carga, agua pesada, intereses durante la construcción y escalación) en millones de pesos

22801.37	30542.0	18575.7
----------	---------	---------

Costos Específicos de capital dados en pesos/KWe netos

17869.0	16490.0	17860.0
---------	---------	---------

Como se mencionó previamente, las bases de los costos consisten en usar los procedimientos específicos organizacionales, administrativos, de manufactura, construcción, montaje, etc. y los costos asociados que son típicos en cada país de origen. En conexión con esto, se deben tomar debidamente en cuenta los diferentes criterios de seguridad y licenciamiento que existen en cada país. Como se mencionó previamente, de los tres países Suecia es el que tiene el criterio más exigente, mientras que en Francia es algo similar al criterio aplicado en los E.U. Por tanto, los costos del BWR y del PWR se aumentan comparados con los del CANDU, debido a esas diferencias de criterios.

Respecto a la aplicación de tales plantas en México, se entiende que no existen criterios específicos de seguridad y de licenciamiento y que hasta ahora, por ejemplo para Laguna Verde, se ha seguido la política de usar esencialmente el criterio del país de origen. Los efectos en los costos, debido a las normas de seguridad y las de licenciamiento para el futuro programa nuclear mexicano son, por lo tanto, desconocidas, ya que esto será influenciado por futuras decisiones, aunque, por lo pronto se pueda suponer en general que se seguirá usando el criterio del país de origen, eso pudiera no ocurrir en la realidad.

Sobre estas bases, se asume que si el criterio es similar al aplicado en E.U. y Francia, al trasladar los estimados de costos a México, se ve que los costos de la Planta CANDU se aumentarán. También es importante mencionar que las recomendaciones recientes del Comité Parlamentario Canadiense sobre Seguridad Nuclear, podrían muy bien dar como resultado una actualización de los criterios de seguridad del CANDU. Los costos de la planta BWR de ASEA-ATOM se reducirían debido a requerimientos menos estrictos de automatización y redundancia. Tales consideraciones deben tenerse en mente, ya que el impacto de los criterios de seguridad y licenciamiento tiene una influencia muy considerable en los costos de planta.

Para una comparación general en base a una sola unidad, se considera que los costos específicos de capital se incrementarían en un factor del orden de 1.08, es decir, como el incluido en el estudio de SOFRATOME.

Se considera razonable, entonces, usar el factor 1.08 para comparación general de una sola planta CANDU y PWR con una sola planta BWR. En base a los costos de capital específicos, los estimados de costo de capital, serían como sigue:

	CANDU	PWR	BWR
	1 x 638	1 x 926	1040
	MWe	MWe	MWe
Costos de capital (sin incluir la primera carga, agua pesada, intereses durante la construcción y escalación) en millones de pesos.	12312.1	16491.1	18575.7
Costos específicos de capital en pesos por-KWe neto de producción	19298.0	17809.1	17861.0

La similitud entre el BWR y el PWR en base de costo específico de capital era de esperarse y de confianza en los estimados básicos de costo. Los costos específicos de capital son, en la base anterior, un 8% mayores. Esta cifra es menor que las de los estudios previamente mencionados, pero aquí las comparaciones son en base del país de origen y no en una base normalizada.

Antes de concluir el estimado de costos de ca-

pital, es necesario considerar el costo del inventario de agua pesada para la planta CANDU. El estudio de AECL sugiere que si el inventario inicial de agua pesada se obtiene de Canadá, el inventario inicial se podría financiar a una tasa de interés relativamente baja. Esto puede ser real, al menos para la primera planta, pero se considera inadecuado el usar esta propuesta de AECL para comparar los aspectos económicos de los tipos de planta nuclear, ya que es posible que otros proveedores de plantas nucleares de potencia, deseen ofrecer financiamiento alternativo para componentes exportados a México.

Para la evaluación económica, por lo tanto, se propone el tratar el inventario de agua pesada como un costo de capital. El costo de este inventario, suponiendo que el agua pesada se obtiene de Canadá a C\$ 275/Kg., sería de M\$ 5520.0 millones para una planta de dos unidades y de M\$ 2760.0 millones, para una estación de una unidad.

Así el costo de capital para la planta CANDU sería:

2 x 638 MWe - M\$ 28321.0 millones (M\$/KWe 22265.0)

1 x 638 MWe - M\$ 15072.1 millones (M\$/KWe 23624.0)

COSTO DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

En las propuestas presentadas por ASEA-ATOM, - SOFRATOME y AECL se encuentra incluido el cálculo de costos del ciclo de combustible en distintas tasas de descuento tal y como fueron requeridas en las especificaciones sometidas por CFE.

Desafortunadamente los contratistas utilizaron criterios diferentes en cuanto a costos de las distintas fases del ciclo de combustible, fuera del patrón normal de suministro de un fabricante de combustible, por lo que resulta imposible comparar en forma congruente los resultados antes mencionados.

Por lo tanto ha sido necesario calcular los costos de combustible empleando en lo posible un conjunto común de premisas para cada tipo de reactor.

El problema referente a la administración del combustible irradiado es de importancia y se espera poder calcular dos procedimientos alternativos.

- Uno basado en el reproceso y eliminación de los desechos procedentes del mismo, tomando en cuenta el beneficio por el uranio y plutonio recuperados.
- Otro basado en el almacenamiento durante 10 años después de la descarga del reactor y posteriormente depositarlo directamente en un almacén geológico.

Por lo anterior se ha decidido hacer la evaluación económica de los tres tipos de reactores sobre

la base de un ciclo de combustible sin reciclado.

Este enfoque tiene la ventaja de que se ajusta a la situación real actual de los suministradores - de todo el mundo aunque no sea aplicable a largo -- plazo para todos los tipos de reactores debido a la presión sobre los recursos y precios del Uranio.

Por lo que se refiere al ciclo de combustible- en su totalidad, se considera que el problema de -- costo en México o en el país de origen no es subs- tancialmente importante ya que los costos de trans- porte del combustible nuclear son despreciables en- comparación con el valor del mismo.

Para poder calcular los costos de combustible- se supone que cada fase del ciclo es objeto de un - contrato por separado, y que los precios son los -- del mercado mundial.

Este método es el que siguen la mayor parte de las compañías suministradoras por lo menos para la- parte inicial del ciclo de combustible y también - por algunas compañías europeas y japonesas que tie- nen contratos de reproceso con BNFL y Cogema.

Datos de Costos

Se ha resuelto no hacer un largo estudio sobre el desarrollo histórico de los precios durante la - última década y en su lugar hacer una comparación - de los datos presentados por ASEA-ATOM y AECL para- alcanzar valores comunes útiles.

Con el objeto de obtener una visión más clara- no se dan los programas de pago sino que se conside

ra mejor utilizar las fechas de pago promedio, de esta forma la pérdida de exactitud es mínima.

Uranio natural

El uranio natural se adquiere regularmente en forma de concentrados conteniendo entre 50 y 70% de Uranio según su origen y el precio se establece en términos de U.S.\$ / libra U_3O_8

SOFRATOME considera un precio del Uranio de \$ 48 / lb U_3O_8 con un incremento de 2% anual sobre la base del precio en Julio de 1979.

Por otra parte ASEA-ATOM considera un valor constante de \$ 40 / lb de U_3O_8 .

Sin embargo, los costos al 31 de mayo de 1980 fueron de \$ 32 / lb U_3O_8 .

Se supone que el precio del Uranio se mantendrá en este bajo nivel hasta que haya un aumento rápido de pedidos de plantas nucleares y contratación de uranio. Se predice que esto ocurrirá en el período 1982 - 1985.

Teniendo en cuenta un posible aumento a futuro del precio del Uranio, para los efectos de este cálculo se considera tentativamente un costo de \$ 35 / lb de U_3O_8 .

Conversión

En el caso de los reactores de agua ligera es necesario transformar el concentrado de Uranio natu

ral en UF₆ para su entrega a la planta de enriquecimiento. Los precios dados por ASEA-ATOM y SOFRATOME son de \$ 5.5 y de \$ 6.0 por Kg. de uranio respectivamente.

Sin embargo el precio actual del mercado es de 5.2 Dlls/Kg. U y este es el que se adoptó para la comparación de los costos del ciclo de combustible para reactores de agua ligera.

Existen dos procesos para la conversión de concentrados de Uranio en UF₆. Las compañías Comurhex, Kerr-Mc-Gee, BNFL y Eldorado emplean el proceso por vía húmeda bajo el cual las impurezas son separadas en la primera fase del proceso obteniéndose UO₂ de buena pureza en la fase intermedia. El UO₂ es finalmente convertido a UF₆ o Uranio metálico.

Por otro lado la Allied Chemical sigue un proceso por vía seca por el cual el Uranio de los concentrados es convertido directamente a UF₆ y las impurezas son separadas después de la conversión.

En el proceso por vía húmeda, ya que el UO₂ es una etapa intermedia, el costo de producción de UO₂ es más bajo que el de UF₆, por lo que se tomó el dato de \$3.5/kg U. Este fue aumentado a \$5.5./Kg U para incluir el costo de producción de energía.

Enriquecimiento

Es de interés hacer notar que mientras SOFRATOME recomienda la construcción en México de una planta de enriquecimiento basada en la técnica de difusión francesa, la misma SOFRATOME en su documento -

de análisis de costos hace referencia al precio de enriquecimiento por el DOE de los EEUU el cual es - mucho menor que el de Eurodif.

El precio actual tanto de Eurodif como de Urenco es equivalente a \$ 150/UTS contra \$ 98.95/UTS -- del DOE de EEUU para contratos comprometidos fijos - ajustables a largo plazo.

ASEA-ATOM considera el precio norteamericano - antes citado mientras que SOFRATOME toma como base - \$ 130/UTS.

Como en principio sería posible comprar parte - de los requerimientos ya sea de Urenco o Eurodif y - otra parte de DOE EEUU parece razonable aceptar la - cifra de \$ 130/UTS propuesta por SOFRATOME.

Fabricación del Combustible

El costo de fabricación del combustible para - las plantas de agua ligera comprende la conversión - de UF_6 a polvo de UO_2 pastillado del polvo, sinteri - zado y formado de las pastillas a sus dimensiones - finales y llenado de los tubos de encamisado de zip - caloy y finalmente el ensamble de los tubos de com - bustible. El precio incluye generalmente el costo - de transporte al sitio de la planta nuclear en emba - laje especial. Una parte importante del precio es - tá ligada al costo del control de calidad.

El propietario de la planta tiene la responsa - bilidad de suministrar el uranio, por lo menos en - este caso general que aquí se considera como base - de cálculo.

Para reactores de agua ligera, el propietario tiene que proporcionar el 1% adicional de uranio enriquecido, para cubrir pérdidas durante la fabricación. Para CANDU se ha dado el dato de 0.5%.

En el caso de CANDU, el polvo de UO_2 ha sido suministrado por Eldorado, una compañía de la Corona que posee y opera la planta de conversión en Port Hope, Ontario.

La producción de polvo de la calidad correcta representa una fase importante en la fabricación de combustible por lo menos para los reactores de agua ligera y posiblemente también para el CANDU.

El problema estriba en que mientras BNFL y Comurhex convierten los concentrados de uranio en UF_6 o U metálico, Eldorado es la única convertidora que en la actualidad suministra UO_2 . Esto se debe sin duda a que el UO_2 natural se emplea en CANDU y no en reactores de agua ligera.

Así pues en el CANDU el propietario está obligado a convertir en Eldorado hasta que se estableciera en México una planta de fabricación incluyendo instalaciones para la conversión de uranio natural a UO_2 .

Por lo que se refiere a los precios de fabricación SOFRATOME señala un precio de \$143.5/Kg U y ASEA-ATOM \$ 180/Kg U.

El problema reside en que estas cifras no representan cotizaciones en firme pero sólo son indicativas, y tampoco son precios garantizados, y aun-

que lo fueran sólo garantizarían para un solo reactor mientras que lo que nos ocupa es un programa -- completo de instalación de plantas nucleares.

Durante la última década la experiencia en la industria nuclear demuestra que los precios de uranio contenido para PWR han sido 10% más altos que los de BWR.

Se ha decidido por lo tanto hacer caso omiso -- de los precios señalados por ASEA-ATOM y FRAMATOME -- y adoptar la siguiente lista de precios de fabricación.

CANDU	\$	43/Kg U
BWR	\$	120/Kg U
PWR	\$	132/Kg U

Sin embargo, el precio del CANDU fue posteriormente rebajado a \$ 36/Kg. U.

Como comentario final cabe mencionar que la -- buena calidad de fabricación del combustible resulta el factor de más peso en las consideraciones de los costos del ciclo de combustible.

Fase final del ciclo de combustible

Del conocimiento de la producción de electricidad de cada uno de los tres reactores estudiados, -- así como las cantidades en equilibrio descargadas -- por año se llegó a establecer el costo total del -- transporte, acondicionamiento y eliminación final -- de los ensambles de combustible. Este costo se ex-

pone en términos de US\$/Kg de U contenido originalmente en los ensambles de combustible.

Estos datos se ofrecen a continuación tanto para depósitos en formaciones rocosas y minas de sal.

Costo de transporte, acondicionamiento y almacenamiento final de ensambles de combustible \$/Kg U - - (inicial)

Almacenamiento en minas de sal

CANDU	PWR	BWR
39	135	130

Almacenamiento en roca

CANDU	PWR	BWR
49	204	193

El almacenamiento en roca es más caro. Los costos específicos de almacenamiento son mucho más bajos para CANDU a causa de los niveles más bajos de radiación a su vez debidos a quemado más bajo del combustible CANDU. Por otra parte la cantidad de combustible CANDU es mayor (factor de 5) que la de los reactores de agua ligera.

Está claro que el almacenamiento final se llevará a cabo en el país que genere la electricidad. Incluso en Europa, por lo que se refiere a desechos originados por el reprocesamiento. Las compañías de reproceso de acuerdo con las directivas del Go-

bierno y presión pública se reservan el derecho de devolver al país de origen los desechos acondicionados.

Para los efectos de esta evaluación de costos es necesario definir si en México se van a depositar los desechos en minas de sal o en roca.

Los estudios parecen indicar que la segunda opción es la más probable así como más conservadora - por lo que es la que se adopta.

A largo plazo sin embargo puede haber exploraciones de minas de sal en cuyo caso sería posible aplicar el método más barato.

ASEA-ATOM cita un costo de 0.4 mills/KWh para almacenamiento de combustible quemado y \$ 500/Kg U que cubre acondicionamiento y almacenamiento final de los ensambles de combustible pagables 15 años -- después de la descarga del reactor.

Del cálculo de costos del ciclo de combustible de la ASEA-ATOM se deduce que 0.4 mills/KWh corresponden aproximadamente a \$ 100/Kg U pagado de inmediato a la descarga del reactor.

El documento de SOFRATOME muestra el costo del almacenamiento del combustible irradiado de la forma siguiente:

"Las premisas concernientes al costo del almacenamiento de combustible irradiado deben considerarse con cautela".

El monto de los cargos publicado es de \$ 278/Kg de Uranio (1977) de los cuales U.S. \$ 144 corres-

ponden a almacenamiento temporal. Este cargo por almacenamiento temporal parece ser demasiado alto. En Francia, el CEA usó en sus estudios una cifra del costo de alrededor de \$ 100 U.S./Kg U para un almacenaje temporal con duración de diez años.

Un estudio hecho por el Savannah River Laboratory arroja un costo entre 89 y 113 U.S.\$/Kg de Uranio para el mismo período de almacenaje.

Por lo que se refiere al costo del embalaje y almacenamiento definitivo del combustible es difícil juzgar críticamente los cálculos del Departamento de Energía.

En el estudio el costo de almacenamiento definitivo del combustible irradiado se acepta como de 274 U.S. \$/Kg de Uranio a precios constantes de 1979.

Los datos anteriores se comparan con los de la ASEA-ATOM como sigue:

COSTOS DE COMBUSTIBLE IRRADIADO \$/Kg U

	U.S.A.	FRANCIA	SAVANNAH RIVER LABORATORY	ASEA
Almacenamiento	144	100 10 años	101 ± 12	100 (0.4 milles)
Acondicionamiento y almacenamiento final	134	174	---	500
T o t a l	278	274	---	600

Parece claro que la cifra de \$ 100/Kg U para almacenaje es un valor razonable para reactores de agua ligera.

Por otro lado la cifra que da SOFRATOME es de \$ 174/Kg U para almacenamiento en sal.

Sin embargo en vista del gran esfuerzo hecho en Suecia sobre la cuestión de almacenamiento final de ensambles de combustible quemado, se considera que las cifras dadas por ASEA-ATOM son las más confiables.

Por lo tanto se ha decidido usar las cifras de ASEA-ATOM para el BWR y establecer para los otros casos cifras basadas en los valores relativos dados por las otras empresas.

Como resultado se obtienen los siguientes datos usados en el análisis de costos.

	<u>COSTOS DE COMBUSTIBLE AGOTADO</u>		
	<u>CANDU</u>	<u>\$/Kg U</u>	<u>Inicial</u>
Almacenamiento	25	105	100
Transporte, acondicionamiento y almacenamiento final	<u>126</u>	<u>527</u>	<u>500</u>
TOTAL (redondeado)	150	630	600

Mientras estas cifras se consideran adecuadas para el cálculo de costos, resultan bajas en compa-

ración con los costos de la opción de reproceso, -- por lo menos en Europa donde los costos para reactores de agua ligera donde se han utilizado son de \$ 800/Kg.U en las evaluaciones de costos de reproceso y almacenamiento final de los desechos originados.

Se supone que el pago por almacenamiento se hace 5 años después y el resto de cargos al 10° año.

Método

Los costos nivelados del ciclo de combustible se han calculado suponiendo que los precios permanecen constantes en términos reales durante la vida de la planta. El costo resultante puede suponerse aplicable al inicio de la operación comercial.

Todos los costos han sido valorados a la fecha del inicio de la operación comercial y divididos entre el valor de toda la energía producida y bajo la misma tasa de interés.

Los cálculos de costo del ciclo de combustible fueron efectuados en base al programa de recargas sometido por AECL, SOFRATOME y ASEA-ATOM y sobre 72 %, 7200 h.e.p.c. y 6500 h.e.p.c. respectivamente y para una vida de 30 años para cada planta.

Los resultados fueron ajustados a los factores de carga de 6,500 h.e.p.c. para CANDU y 6250 h.e.p.c. para los reactores de agua ligera, con el fin de tomar en cuenta el factor de carga esperado más alto para el reactor CANDU debido a la recarga en operación.

Se efectuó un análisis de sensibilidad considerando una vida de 35 años para los reactores de agua ligera.

Todos los cálculos se efectuaron en base a una tasa de descuento de 8 % y como análisis de sensibilidad las de 6 %, 12 % y 15 %.

Resultados

En el cuadro que sigue se muestran los costos de ciclo de combustible por componente para el caso básico de 30 años de vida y tasa de interés de 8%. Los costos totales del ciclo de combustible usando otros valores de tasa de interés incluidos en los cuadros 29, 30 y 31.

Costos del Ciclo de Combustible (mills/KWH)

	<u>CANDU</u>	<u>PWR</u>	<u>BWR</u>
Factor de carga h.e.p.c.	6500	6250	6250
Concentrados de uranio	2.28	3.01	3.12
Conversión	0.13		
Enriquecimiento	-	2.51	2.44
Fabricación	0.84	0.63	0.68
Costos de recirculación	1.37	1.07	1.12
Total	4.62	7.22	7.36

Como se esperaba los costos del ciclo de combustible del CANDU son considerablemente más bajos que los del reactor de agua ligera. El componente de uranio natural en los costos del CANDU es 20% menor que en el PWR, pero el componente de fabricación en el CANDU es mayor que en los reactores de agua ligera.

Es de interés notar que, si los costos de agua pesada (separación isotópica) a 2,945 mills./KWH, se consideran juntos con el combustible, entonces los costos del combustible CANDU son más altos que los de los reactores de agua ligera.

CUADRO No. 29

DATOS PARA CALCULAR EL COSTO DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

CANDU

1. Factor de Carga 6500 h.e.p.c. / año
2. Vida de la Estación 30 años
3. Tasa de interés 8 %, 6 %, 12 %, 15 %
4. Costos de Iniciación

	Unidad	Precio	TIEMPO DE DURACION (meses)	
			Primer Núcleo	Recargas
4.1 Concentrado de uranio	\$ / lb U ₃ O ₈	35	26	14
4.2 Conversión	\$ / Kg U	5.5	21	9
4.3 Enriquecimiento	\$ / SWU	N/A	--	--
4.4. Fabricación	\$ / Kg U	36	13	4

5. Costos Finales

	Unidad	Precio	TIEMPO DE RETRASO
Almacenamiento para combustible quemado	\$ / Kg inic.	25	5 años
Condiccionamiento para transporte y almacenamiento final	\$ / Kg inic.	126	10 años
6. Pérdidas durante el proceso

Conversión	1.005
Fabricación	1.005
7. Colas de Desperdicio N/A

CUADRO No. 30

DATOS PARA CALCULAR EL COSTO DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

PWR

1. Factor de Carga 6250 h.e.p.c./año
2. Vida de la estación 30/ 35 años
3. Tasa de interés 8%, 6%, 12%, 15%
4. Costos de Iniciación

	Unidad	Precio	TIEMPO DE DURACION (meses)	
			Primer Núcleo	Recargas
4.1 Concentrado de uranio	\$ / lb U ₃ O ₈	35	30	18
4.2 Conversión	\$ / kg U	5.2	25	13
4.3 Enriquecimiento	\$ / SWU	130	21	9
4.4 Fabricación	\$ / kg U	132	13	4

5. Costos Finales

Almacenamiento para combustible quemado	Unidad	Precio	TIEMPO DE RETRASO
	\$ / kg inic.	105	5 años
Condicionamiento para transporte y almacenamiento final	\$ / kg inic.	527	10 años
6. Pérdidas durante el proceso

Conversión	1.005
Fabricación	1.01
7. Colas de Desperdicio , II/A

CUADRO No. 31

DATOS PARA CALCULAR EL COSTO DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

BWR

- 1. Factor de Carga 6250 h.e.p.c./año
- 2. Vida de la Estación 30/ 35 años
- 3. Tasa de interés 8%, 6%, 12%, 15%
- 4. Costos de Iniciación

	Unidad	Precio	TIEMPO DE DURACION (meses)	
			Primer Núcleo	Recargas
4.1 Concentrado de uranio	\$ / 1b U ₃ O ₈	35	30	18
4.2 Conversión	\$ / kg U	5.2	25	13
4.3 Enriquecimiento	\$ / SWU	130	21	9
4.4 Fabricación	\$ / kg U	120	13	4

- 5. Costos Finales

Almacenamiento para combustible quemado	Unidad	Precio	TIEMPO DE RETRASO
	\$ / kg inic.	100	5 años
Condicionamiento para transporte y almacenamiento final	4 / kg inic.	500	10 años
- 6. Pérdidas durante el proceso

Conversión	1,005
Fabricación	1,01
- 7. Colas de Desperdicio N/A

COSTOS DE OPERACION

La información presentada por los tres oferentes varía considerablemente dadas las diferencias - supuestas para los requerimientos de CFE en cuanto al personal de operación y mantenimiento, y en el caso de ASEA-ATOM este aspecto está influenciado -- por el alto grado de automatización aplicada. Sin embargo, la diferencia principal aparece por el número de personas de mantenimiento que se usan en el país de origen y la política en cuanto al uso de -- contratistas externos para los paros periódicos. -- También tienen influencia las diferencias en el cos to de mantenimiento y los materiales.

Para el propósito de este estudio, por lo tanto, el costo de operación, del personal y materia-- les, se ha tomado como un porcentaje fijo del costo nominal del capital, tal como el costo de capital - excluyendo intereses durante la construcción y esca lación. Esto se tomó como 1.3%. Para la planta - CANDU una cantidad adicional de 51 millones de pe-- sos fue considerada para cubrir el costo de la re-- carga anual de agua pesada.

Otros costos de operación de la planta, tales-- como impuestos, seguros, etc. se han ignorado en to dos los casos.

COSTOS DE GENERACION

En base a los datos dados de costos de capital, operación y ciclo de combustible, en las secciones anteriores, fueron calculados los costos de generación para las tres plantas de referencia.

Estos costos se calcularon en base a varias tasas de descuento, es decir 6%, 8%, 12%, 15% (descontados al 1o. de julio de 1979) para vidas de planta de 30 años y para todos los tipos de planta.

Los cálculos de costos de generación se hicieron en base a 6,500 horas por año de operación a -- plena carga para las plantas con reactor de agua ligera, para considerar la capacidad de recarga en -- operación del CANDU.

Para el propósito actual, se supuso un tiempo de construcción de 7 años por unidad. Los flujos de efectivo anuales también se supusieron en la misma base porcentual para el período de siete años.

El flujo de efectivo para el inventario de -- agua pesada se supuso que es:

- 25% - Dos años antes de la primera operación en -- potencia.
- 50% - Un año antes de la primera operación en potencia.
- 25% - Al tiempo de la primera operación en potencia.

Los resultados obtenidos sobre las bases anteriores se muestran en los siguientes cuadros.

6% TASA DE DESCUENTO - 30 AÑOS VIDA DE LA PLANTA

(todos los costos en US \$Mills/Kwh)

COSTO	CANDU	PWR	BWR
Capital	12.53	9.82	10.63
• Planta	(10.39)		
• Agua Pesada	(2.14)	-	-
Operación			
• Personal y Materiales	1.96	1.49	1.62
• Recuperación de agua pesada	0.27	-	-
Ciclo de Combustible	4.80	7.08	7.25
<hr/>			
Costos de Generación	19.56	18.39	19.50

8% TASA DE DESCUENTO - 30 AÑOS VIDA DE LA PLANTA

(todos los costos en US \$Mills/kwh)

COSTO	CANDU	PWR	BWR
Capital	16.09	12.67	13.72
Planta	(13.414)		
Agua Pesada	(2.672)	-	-
Operación			
Personal y materiales	1.96	1.49	1.62
Recuperación de agua pesada	0.27	-	-
Ciclo de Combustible	4.62	7.22	7.36
<hr/>			
Costos de Generación	22.94	21.38	22.70

12% TASA DE DESCUENTO - 30 AÑOS VIDA DE LA PLANTA

(todos los costos en US \$Mills/kwh)

COSTO	CANDU	PWR	BWR
Capital	24.79	19.74	21.38
• Planta	(20.894)		
• Agua Pesada	(3.892)	-	-
Operación			
• Personal y materiales	1.96	1.49	1.62
• Recuperación de agua pesada	0.27	-	-
Ciclo de Combustible	4.41	7.62	7.97
<hr/>			
Costos de Generación	31.43	28.85	30.97

15% TASA DE DESCUENTO - 30 AÑOS VIDA DE LA PLANTA

(todos los costos en US \$Mills/kwh)

COSTO	CANDU	PWR	BWR
Capital	32.69	26.26	28.44
• Planta	(27.77)		
• Agua Pesada	(4.92)		
Operación			
• Personal y materiales	1.96	1.49	1.62
• Recuperación de agua pesada	.27		
Ciclo de Combustible	4.39	7.62	8.61
<hr/>			
Costos de Generación	39.31	35.37	38.67

Como se discutió en las secciones anteriores - no ha sido posible comparar las economías relativas de los tres tipos de planta nuclear en una "base nacional". Por tanto, los resultados mostrados son - útiles tan sólo para propósitos indicativos en general. En conexión con esto son relevantes las siguientes observaciones:

- Los costos nominales de capital para los tipos - BWR y PWR, están en línea con lo esperado.
- No se puede hacer un comentario definitivo sobre los costos del CANDU en Canadá. Sin embargo, al tomar en cuenta algunos otros estudios permitiendo una base de costos y criterios de licencia-
- miento para el país de origen, el costo específico de capital mayor del CANDU en cerca de 35% - (incluyendo agua pesada) comparado con el PWR, - parece ser razonablemente consistente.
- Los costos del ciclo de combustible del CANDU, - como se esperaba, son considerablemente menores-
- que los de los reactores de agua ligera. El componente del costo del uranio natural en el CANDU, es 20% menor, pero su componente de fabricaciónes mayor.
- Los costos de generación indican una ventaja mo-
- desta en costo para los reactores de agua ligera. Sin embargo estos resultados deben ser tratados-
- con precaución con respecto a interpretar posi-
- bles costos de generación comparativos en México.

4.1.6 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Los países que controlan la tecnología nuclear han sabido diseñar y ejecutar acuerdos y mecanismos que lejos de facilitar el acceso a los materiales, - servicios, equipos e instalaciones requeridas, han ido conformando un monopolio internacional, perjudicial para los países en vías de desarrollo que han intentado implementar un proceso de diversificación energética.

México comprende que este predominio no sólo es comercial y técnico, sino también político, en la medida que ha servido para menoscabar las soberanías nacionales de diversos países.

Es necesario que nuestro país exija, "a priori" y por principio, el respeto a su soberanía en el suministro de tecnología nuclear y en el concomitante proceso de salvaguardias.

La compra de dos centrales no puede postergarse o aplazar esta exigencia, por lo que es imprescindible e impostergable que el gobierno mexicano comunique formalmente a los gobiernos de las empresas proveedoras que se condicionará la participación en el concurso y selección de tecnología, a la aceptación por parte de dichos gobiernos, de un acuerdo trilateral con México y el Organismo Internacional de Energía Atómica en el cual quede claramente estipulado que en el proceso de transferencia todos los materiales, servicios, equipo e instalaciones nucleares objeto de un contrato de suministro, estarán sujetos única y exclusivamente al sistema de -

salvaguardias del OIEA.

Este acuerdo deberá comprender tanto los aspectos de inspección y control estrictamente nuclear - como los grados de protección física que deban de - observarse según la clase de materiales, equipo e - instalaciones de que se trate; asimismo, incluirá - los arreglos necesarios con el proveedor para la re - elaboración, almacenamiento, modificación, empleo, - transferencia o retransferencia del material crítico suministrado. Finalmente, contemplará la realización de consultas y acuerdos entre las tres partes, en sustitución de la solicitud del consentimiento previo, sobre cualquier actividad ulterior - de México basada en los artículos y tecnologías críticos transferidos o derivadas de ellos.

Si bien a nivel interno existe cierta urgencia para licitar internacionalmente y someter a concurso, esta urgencia no debe aplazar la formulación de una exigencia de profundo respeto a la soberanía - del país, lo que puede instrumentarse con la restricción antes indicada: no más salvaguardias ni medidas de control que las actualmente vigentes en el OIEA o las que en el futuro y sin afectar la soberanía y la autodeterminación nacionales, sean aprobadas en los organismos internacionales en los que México concurre.

Por otra parte, hay que considerar la situación de urgencia que tienen los proveedores para - captar el mercado mexicano, que según los planes esbozados, representa un monto financiero muy importante, capaz de ayudar a los proveedores a salir -

del parcial estancamiento comercial en el que, por múltiples razones, se encuentran.

En cuanto a las implicaciones en el nivel interno, la medida subraya dos exigencias básicas:

1. Salvaguardar la soberanía nacional sobre la base de los compromisos internacionales adquiridos, los cuales se sustentan en nuestra voluntad pacifista y de constante oposición a la opción militar nuclear. México proclama la plena soberanía sobre sus instalaciones nucleares no permitiendo que las funciones de inspección y control internacional las ejerzan terceros países.
2. Garantizar un control nacional creciente de la tecnología nuclear orientado a lograr nuestra autodeterminación tecnológica.

México ha optado por diversificar sus fuentes primarias de energía. Este proceso de diversificación no se verá satisfecho plenamente si a más de la obtención de autosuficiencia energética, no se logra también la autodeterminación tecnológica.

4.1.7 INTEGRACION Y PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL

En esta sección hablaremos de la participación de la industria y los recursos naturales mexicanos en el programa nucleoelectrico propuesto. En este sentido dividiremos la sección en dos partes principales:

- Participación tomando en cuenta las plantas nucleares de potencia actuales.
- Participación tomando en cuenta las instalaciones asociadas a la industria nuclear (combustible y moderador).

PLANTAS NUCLEARES DE POTENCIA

Respecto al grado y proporción de la participación mexicana en el programa nucleoelectrico propuesto, sería necesario:

- a) Evaluar las capacidades de las instalaciones industriales mexicanas existentes y las capacidades de recursos.
- b) Evaluar las tres plantas de referencia, es decir, CANDU, BWR y PWR en relación al punto anterior.
- c) Determinar el potencial a corto, mediano y largo plazo de la industria mexicana para emprender un programa realista de expansión industrial para cumplir los requerimientos del programa nucleoelectrico.

En relación al punto a) y c) anteriores, desarrollarlos implicaría dos investigaciones especiales, por lo que solo describiremos las observaciones generales contenidas en los estudios de AECL, ASEA-ATOM y SOFRATOME.

AECL

En lo que se refiere al grado y proporción en-

la cual la industria mexicana puede participar en el programa nucleoelectrico, AECL asume una posición optimista.

AECL ha concentrado su atención en el equipo y materiales para la planta de reactor y el ciclo de combustible sin considerar específicamente la unidad de turbo-generador, pero consideró la planta auxiliar.

La organización de industrias CANDU (OCI), la cual representa alrededor de 40 compañías involucradas en la industria nuclear canadiense, junto con AECL visitaron y evaluaron 39 compañías mexicanas. Como resultado de estas visitas AECL/OCI concluyeron que muchos de los componentes (principalmente para balance de planta y artículos menos críticos del SNSV) pueden ser fabricados ya en México, y que existe una muy buena base de manufactura, relativamente fácil de mejorar para expandirse a la fabricación de equipo nuclear.

El equipo AECL/OCI también concluyó, en lo que se refiere a limitaciones, que hay "una falta de conocimiento de los productos y la tecnología... los sistemas de garantía de calidad no están a los altos niveles requeridos para la producción de componentes nucleares... ausencia de instalaciones de cuartos limpios". Aún más, el reporte de AECL muestra algunas reservas diciendo:

"Está en duda la capacidad suficiente para manejar el programa nuclear de referencia, en particular dado que algunas compañías están muy ocupadas satisfaciendo las necesidades de la expansión de la

industria petrolera (y en algunos casos sin muchos deseos de aumentar sus problemas entrando al mercado nuclear). Esta duda puede responderse con programas de expansión, que en algunos casos deberán ser hecho por más de una compañía".

En conexión con los puntos de vista de AECL/OCI sobre las limitaciones, el estudio de AECL plantea:

"Es una fuerte opinión de las compañías involucradas de la OCI, que ellos pueden superar con la asistencia de la OCI sus limitaciones en un período relativamente corto con un programa concentrado y bien organizado para lograr esta meta:

- Hacer que la industria mexicana adquiriera la tecnología y los conocimientos requeridos, así como las instalaciones necesarias y el personal entrenado, en un período de 6 años (recordando que esta tarea le tomó a la industria canadiense más de 15 años para lograrla desde el principio de la producción hasta tener fábricas de tamaño completo)".

El cuadro siguiente muestra el grado y proporción de la participación mexicana en la manufactura de equipo y materiales, de acuerdo al estudio de AECL,

Año en el Cual se Ordenan los Reactores

SISTEMAS MAYORES DE LA PLANTA	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
	<u>% PARTICIPACION MEXICANA</u>						
COMBUSTIBLE	33	60	70	80	83	100	
AGUA PESADA	0	34	35	51	52	76	100
TERRENO Y MEJORAS	100						
EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS	100						
REACTOR	0	11	50	85	100		
OPERADOR	12	46	94	100			
TRANSPORTE PRIMARIO DE CALOR	4	22	46	62	90	100	
REACTOR AUXILIAR	92	98	100				
TRANSFERENCIA Y ALMACENAJE DE COMBUSTIBLE	19	39	58	84	96	100	
ALDERA DE VAPOR Y AGUA	11	15	22	35	85	96	100
ADMINISTRACION DE AGUA PESADA	24	55	85	100			
TURBINA -GENERADOR AUXILIAR (Sin incluir la unidad turbina/generador)	92	95	75	100			
ENERGIA ELECTRICA	96	98	100				
INSTRUMENTACION Y CONTROL	23	28	41	64	88	100	
PRODUCTOS Y SERVICIOS COMUNES	97	100					
TOTAL PARTICIPACION MEXICANA%	40	56	63	76	82	92	100

Este optimista programa de industrialización, aparentemente tiene algunas contradicciones en términos de escala de tiempo, cuando se examinan algunos ejemplos respecto a la fabricación en México de componentes específicos.

La inversión estimada requerida para lograr esta participación industrial, será de 150 millones - de dólares canadienses repartidos a lo largo de 5 - años y se tendrán que agregar a la fuerza de trabajo industrial de nuestro país aproximadamente 2500- personas entrenadas en el curso de esos 5 años.

Hay que considerar este enfoque de industrialización con las reservas del caso pues las metas que se pretende alcanzar son sumamente difíciles de lograr aún en países con una base industrial más fuerte y con mayor disponibilidad de ingenieros entrenados y técnicos de los que actualmente existen en México.

Las suposiciones de AECL sobre el ritmo de industrialización son sorprendentes en tanto que AECL mismo, llama la atención sobre algunas limitantes - severas que existen en México y, en particular, la capacidad sobrecargada de la industria como resultado del "boom" petrolero. Claramente al transferir - efectiva y exitosamente tecnología de naturaleza al - tamente sofisticada requiere, entre otras cosas, -- tiempo. Intentar el ritmo de industrialización que indica AECL involucraría considerables riesgos, en - cuanto al cumplir fechas límite para la entrada en - producción de las plantas nucleares de potencia y - en cuanto a que nuestro personal esté entrenado y - disponible para efectuar la transferencia de tecno - logía.

De acuerdo a la información sobre la situación de CANDU en la India, se entiende que la integración de la industria hindú está llegando al 90% de capacidad. Sin embargo, en este aspecto debe notarse que la primera planta CANDU (Rajasthan) fue ordenada hace aproximadamente 15 años. Todavía más, ninguna de las plantas CANDU diseñadas y construidas en la India es decir Maps 1 y 2 ó Naps 1 y 2 están aún en operación; por lo tanto, aunque la India sea un ejemplo interesante de lo que la industria local puede lograr en términos de fabricación, los resultados de tal fabricación no han sido aún probados en términos de funcionamiento de una planta nuclear de potencia. No es posible comentar sobre el grado y relación de participación local en otros proyectos extranjeros CANDU, en Argentina, Corea y Rumanía, ya que esta información no está disponible.

En resumen, se considera que la participación industrial nacional en plantas CANDU puede alcanzar un nivel alto, dando suficiente tiempo. Sin embargo, se considera irreal tratar de alcanzar el ritmo de industrialización que indica el estudio AECL.

Se hizo la evaluación de 290 compañías mexicanas y de éstas 86 se evaluaron en mayor detalle. De acuerdo a esto se consideró que es posible actualmente que la industria mexicana proveyera alrededor del 25% del costo total de los componentes electromecánicos (13% del costo total de la planta).

Como un seguimiento a la evaluación anteriormente mencionada, ASEA-ATOM llevó a cabo un estudio visitando 26 compañías mexicanas pre-seleccionadas. El propósito de este trabajo era:

- Investigar cuáles componentes y equipo del BWR -- pueden ser fabricados en el futuro cercano y a - largo plazo.
- Estudiar el desarrollo respecto al aumento en volumen de producción e introducción de nuevos productos.
- Estimar el incremento a corto plazo en volumen de producción.
- Identificar las necesidades de personal capacitado y no capacitado.

ASEA-ATOM excluyó específicamente algunos artículos de este estudio tales como vasija de presión del reactor, partes internas del reactor, bombas de refrigerante primario, válvulas de aislamiento del contenedor, unidad turbo/generador y auxiliares.

En relación con los trabajos de Ingeniería Civil, se reconoce que éstos podrían ser hechos actualmente por contratistas mexicanos para su planta BWR.

Respecto a la participación actual y futura de la industria mexicana en equipos y materiales, ASEA ATOM proporcionó cifras de la capacidad de fabricación en los años 1980, 1990 y 2000. Para esto ASEA ATOM dividió el equipo en tres categorías: A, B y C. Estas categorías se definen como sigue:

- A) Componentes que pueden ser fabricados por la industria existente, pero donde sistemas menores de garantía de calidad tendrían que introducirse.

- B) Componentes que tienen mayores requerimientos - de ingeniería que necesitarían de nuevas instalaciones de producción y prueba en las fábricas existentes, donde se deberán establecer nuevas técnicas de control de calidad para componentes relacionados con la seguridad.
- C) Ciertas inversiones adicionales en fábricas nuevas para fabricar componentes nucleares. Equipo relacionado con la seguridad sujeto a los - más altos requerimientos con sistemas apropiados de garantía de calidad.

Los resultados del estudio de ASEA-ATOM reflejan la necesidad de ser completamente auto-suficiente en ciertos componentes dentro de la escala de -- tiempo considerada. Por ejemplo, en el caso de motores y rectificadores la cifra más alta de 60% para la categoría B, indica que ASEA-ATOM juzga que -- ésta debería ser la cifra para el año 2000. Hay -- otros ejemplos similares que sugieren que ASEA-ATOM ha tomado un enfoque conservador en cuanto al grado y proporción de la participación industrial mexicana.

ASEA-ATOM no cuantifica los resultados anteriores en términos de lo que significa el grado/proporción de participación en términos de los costos generales comparados con el costo total de la planta. Es difícil hacer comparaciones directas con el estudio de AECL, excepto que ASEA-ATOM implica que un - alto grado de participación mexicana para los componentes no será práctico hasta el año 2000. Aún entonces se ve que para ciertos componentes, por ejemplo, tubería de proceso, ciertas válvulas, motores-

y convertidores se seguirán requiriendo importaciones o al menos serán deseables después del año 2000.

En conexión con tales limitaciones es evidente que ASEA-ATOM ve el problema en relación con:

- Obtener el grado necesario de garantía de calidad.
- El hecho de que la industria mexicana está actualmente sobrecargada y que esta tendencia es probable que continúe debido al "boom" petrolero.
- La falta de personal capacitado.

La inversión de capital requerida para lograr el programa de expansión industrial, se estimó en 78 millones de dólares. Esto cubre bombas, cambiadores de calor, válvulas y otras manufacturas. También se indicó una cifra de 60 millones de dólares para una instalación para fabricar las partes internas del recipiente a presión del reactor. Estas indicaciones tan generales de costo no se pueden considerar como base suficiente para determinar factores de inversión.

Por lo anterior se puede decir que ASEA-ATOM ha asumido un punto de vista realista en cuanto a la capacidad de la industria mexicana para alcanzar metas de fabricación. La escala de tiempo mayor para lograr tales metas que da el estudio de ASEA-ATOM refleja no sólo el considerable reto de efectuar la transferencia de tecnología sino también las limitaciones que es probable que surjan al obtener el personal capacitado necesario y las demandas sobre los fabricantes mexicanos por otros sectores de la infra-estructura.

SOFRATOME

El estudio de SOFRATOME sobre la participación industrial mexicana incluyó una revisión de un estudio del potencial presente y futuro de la industria mexicana para contribuir a un programa de reactores nucleares de potencia PWR. Al llevar a cabo este estudio SOFRATOME también citó ejemplos de participación local en otros países.

En base a la evaluación de SOFRATOME, sobre potencial presente, se concluyó que 26.9% del valor de equipos y componentes podría ser proveído por la industria mexicana y que se podría lograr un 100% de participación respecto a obra civil y estructuras, instalaciones de construcción y ubicación y 50% en ingeniería. Esto da una participación mexicana de 56% en base a los costos de capital para una planta PWR de 2 x 926 MWe. La participación de 26.9% cubre los siguientes componentes: Tanques, cambiadores de calor, bombas, tuberías, grúas, turbo-generador (plantas pequeñas), válvulas y conexiones, transformadores, cableado, instrumentación, y otros.

El enfoque tomado por SOFRATOME ha sido usar la experiencia obtenida en Francia, España y Brasil como método para proyectar la futura participación industrial de la industria mexicana. En esta base SOFRATOME considera tres períodos como sigue:

1er. período (El período inicial de aprendizaje - en diseño de - - planta, fabricación y construcción).

Durará aproximadamente 10 años - y en el caso de México se supo - que terminará con la entrada en operación de Laguna Verde. El - tiempo correspondiente en Fran - cia fue hasta la entrada en ope - ración de la planta Chooz PWR - (320 MWe) lo cual ocurrió en -- 1967.

En España el período correspon - diente terminó en 1969-71 con - la entrada en operación de la - planta Zorita PWR (160 MWe) y - Garoña BWR (440 MWe). En Bra - sil este período terminará con - la entrada en operación de la - unidad Angra PWR (620 MWe) en - 1981.

2o. período (De - sarrollo y - experiencia)

Este período corresponde a la - primera generación de plantas - nucleares y durante el cual se - espera que la industria local - aumente su nivel de participa - ción.

Este período en el caso de Fran - cia corresponde a la entrada en operación de las unidades FES - SEHNEIM 1 y 2 y Bugey 2,3,4, y - 5. En el caso de México este - período terminará con la entra - da en operación de las primeras unidades PWR posteriores a 1990.

En España corresponde a la entrada en operación de Almaraz 1 y 2, Lemoniz 1 y 2, Ascó 1 y 2 y Cofrentes. Para Brasil se supone que terminará con la entrada en operación de las primeras 4 unidades KWU.

3er. Período (período de madurez)

En este período, se supone que, se está llevando a cabo un programa nuclear mayor. En Francia este período ha empezado ahora y durante éste se construirán unidades de tamaño aún mayor. En España corresponde a la tercera generación de plantas y en Brasil corresponde a las 4 unidades que seguirán a las primeras 4.

Respecto a México este período se refiere a las plantas que entrarán en operación alrededor del año 2000.

Sobre la base anterior, el estudio de SOFRATOME concluye que en base a la experiencia de Francia, España y Brasil "es razonable suponer que la participación mexicana en el suministro de equipo para plantas nucleares de potencia será para el tercer período cercana al 70%". En otras palabras SOFRATOME supone que el nivel del 70% se podría alcanzar alrededor de 1992/3, es decir el momento en que esas plantas se pedirían si se tiene que lograr su-

entrada en operación para el año 2000. Después del año 2000, digamos 2005, SOFRATOME espera que el nivel de participación se estabilice entre 85 y 95%.

El nivel de inversión (millones de pesos 1º de Julio de 1979) previsto para que el desarrollo de la industria mexicana cumpla las metas supuestas anteriormente es como sigue:

<u>Período</u>	<u>Requerimientos</u>	<u>Inversión</u>
1 (para 1990)	Mejoras en la industria existente para proveer el 27% del equipo para las unidades nucleares iniciales.	1000
2 (para 1995)	Fabricación de equipo convencional (bombas, válvulas, tuberías, etc.) que la industria mexicana no puede proveer por falta de las instalaciones apropiadas.	2500
3 (para 2000)	Construcción de instalaciones adecuadas para la fabricación de equipos pesados, para aumentar la participación a 70%, es decir instalaciones para vasijas de reactor, generadores de vapor, presurizadores, tur-	6800

<u>Período</u>	<u>Requerimientos</u>	<u>Inversión</u>
	bo-generadores, generadores diesel.	
4 (para 2010)	Construcción de instalaciones para equipo de tecnología avanzada, es decir, -- bombas primarias, mecanismos para control de las barras de control, para lograr un nivel de participación de 85 a 90%.	1400

Así, en base a lo anterior se prevé una inversión total de 11,000 millones de pesos a niveles de costo de 1979.

El estudio de SOFRATOME ha abordado el problema de participación industrial con razonable detalle, pero es de dudarse el que se pueda usar la experiencia francesa, española y brasileña como base para suposiciones sobre lo que se podría lograr en México. Francia misma es un país con una larga tradición en diseño y fabricación de plantas de electricidad. Tiene cerca de 30 años de experiencia en tecnología de plantas nucleares de potencia. Es cierto que Francia cambió a PWR solamente en 1969, pero ya tenía una base industrial fuerte y bien probada sobre la cual lanzar el programa PWR. España podría ser una base más razonable para la comparación, pero en términos de experiencia en diseño, planeación, fabricación de partes y construcción de plantas nucleares de potencia, España empezó por lo menos 7 años antes de que se ordenara la planta en-

Laguna Verde. Además, en años recientes el programa nuclear de potencia español se ha frenado, permitiendo así una mayor concentración de esfuerzo en las plantas ya comprometidas, y se debe reconocer que España tenía ya una base sobre la cual construir la fabricación de componentes pesados.

Aunque Brasil ha creado una infraestructura impresionante para la fabricación de componentes nucleares, el uso de este país para propósitos de comparación es demasiado prematuro. Ya que las plantas para las cuales se espera una considerable participación brasileña, están a un largo trecho de terminarse.

En resumen, el estudio de SOFRATOME sobre la participación de la industria mexicana en el futuro, se basa en una serie de supuestos demasiado optimistas sin destacar los problemas y limitaciones a que se pueda enfrentar.

Fabricación de Combustible

AECL

Se propone una estrategia a través de la cual México se volvería autosuficiente alrededor de 1993 en términos de fabricación de combustible. Para lograr esto se propone el siguiente programa mexicano de industrialización:

Capacidad Anual de Producción (Mg)

<u>AÑO</u>	<u>PLANTA 1</u>	<u>PLANTA 2</u>	<u>PLANTA 3</u>
1988	100	-	-
1989	300	-	-
1990	500	-	-
1991	600	-	-
1992	600	300	-
1993	900	600	300
1994	1200	600	600
1995	1200	600	600
1996	1200	600	600
1997	1200	600	600
1998	1200	600	600
1999	1200	900	900
2000	1200	1200	1200

Se prevé también una cuarta planta que entraría en producción en el año 2004.

La primera etapa de planta 1 tendría una capacidad de 600 Mg/año y se desarrollaría con tres unidades sucesivas de 200 Mg/año.

AECL comenta únicamente sobre los requerimientos para esta primera etapa que estiman costará - cerca de 20 millones de dólares canadienses, esto - es, para una planta construida en Canadá. No se da información sobre el grado probable de participa- - ción industrial mexicana. Se prevé sin embargo, que para esta primera etapa la mayor parte del equipo -

sería importado, pero la industria mexicana participaría en la construcción y obra civil y en proporcionar los servicios del edificio. En tal caso la participación mexicana podría ser de alrededor del 30% de materiales y equipo. Si se importa el equipo, entonces parece factible cumplir la meta de fabricación de combustible para 1988.

Se puede esperar que la participación mexicana sea mayor en las etapas subsecuentes de la planta 1 y para las plantas 2 y 3, pero tales consideraciones no se tratan en el reporte de AECL.

Con referencia al personal, respecto a los requerimientos para la parte inicial de la primera etapa (200 Mg/año) sería de 140 personas, para el final de esta etapa (600 Mg/año) sería de alrededor de 300 personas, de las cuales el 32% sería personal técnico, 16% personal de oficina y 52% trabajadores.

ASEA-ATOM

De una manera similar a la propuesta de AECL, ASEA-ATOM sugiere que la fabricación de combustible en México se lleve en dos etapas. Esto involucra la instalación de una planta inicial seguida por la expansión de esa planta.

ASEA-ATOM considera la posibilidad de trabajar sobre la base de dos posibles estrategias:

Estrategia A

Tiene como meta una autosuficiencia razonable con una utilización de la capacidad de cada etapa de expansión de alrededor de 50%.

Estrategia B

Tiene como meta una utilización eficiente de la capacidad en cada etapa de expansión con respecto a la autosuficiencia.

Se dan las diferencias entre estas estrategias a continuación:

<u>ESTRATEGIA A</u>	<u>PERIODO</u>	<u>ESTRATEGIA B</u>
Inicia Proyecto	1983	
	1985	Inicia Proyecto
Alcanza capacidad plena de fabricación	1991-92	
Alcanza producción (450 Mg/año)	1992-93	
	1993-94	Alcanza capacidad plena de fabricación.
Inicia primera expansión	1994	
	1995-96	Alcanza producción 450 Mg/año)
	1995	Inicia primera expansión
Alcanza producción (900 Mg/año Total)	1997	
Inicia segunda expansión	1998	Alcanza producción (900 Mg/año total)
	1998-99	Inicia 2a. expansión
Logra producción (1350 Mg/año total)	2001	
	2001-02	Alcanza producción

Con la estrategia A, sería necesario importar 8.3% de las necesidades durante 1992-2000, mientras que la estrategia B involucraría el importar 13.2% de los requerimientos de combustible durante 1994-2000.

En base a la estrategia A, considerando la fase inicial solamente, es decir lograr 450 Mg/año de capacidad para 1992-93, se estima que la inversión de capital sería de alrededor de 37 millones de dólares americanos. La cantidad de personal requerido para operar la instalación se considera como 309, - de los cuales 135 serían equipo técnico y de oficinas y 174 trabajadores.

SOFRATOME

SOFRATOME sugiere la utilización de una instalación diseñada por CEA, de la cual la mayor parte de los componentes serían suministrados por Francia. La planta de fabricación de referencia tiene una capacidad de 600 Mg/año, y se propone construirla de 200 Mg/año. SOFRATOME estima que en términos de participación mexicana de construcción, ésta podría ser 55% del costo de capital. En términos de costo de capital parecería que los costos de una planta de fabricación de combustible de 600 Mg/año como la propone SOFRATOME, sería del mismo orden que la planta de ASEA-ATOM.

<u>AÑO DE ENTRADA EN OPERACION</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>CAPACIDAD ACU- MULADA</u>
1991	200	200
1993	200	400
1997	200	600
1998	200	800
2002	200	1000

Se propone la entrada en operación de más unidades de 200 Mg/año en 2004, 2006, 2007 (2), 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, y 2014 (2).

Plantas de Producción de Agua Pesada

Cantidad Demandada de Agua Pesada

En un reactor CANDU el grueso del agua pesada requerida es para la carga inicial de moderador y refrigerante del reactor. Las necesidades subsecuentes de reposición son en promedio alrededor del 1% del inventario del sistema por año; esto se requiere para reemplazar las pérdidas que resultan de fugas de operación normal de los sistemas de enriquecimiento, recuperación y descontaminación que están incorporados en las estaciones CANDU.

Cada unidad CANDU 600 requiere aproximadamente 480 Mg como inventario de operación. La cantidad precisa dependerá de la configuración exacta de los sistemas internos y externos del reactor. Un programa típico de construcción pide la entrega del agua en la planta alrededor de un año antes de entrar en operación, aunque la calendarización variará dependiendo del período de entrada en operación, cayendo una vez que la operación comienza, declinando gradualmente en los primeros años de operación conforme se ajustan los sistemas y equipo y después incrementándose lentamente conforme la planta envejece.

El requerimiento total de agua pesada para el final del año 2000 es de alrededor de 23000 Mg (asumiendo una capacidad instalada de 24000 MWe/40 unidades para esa fecha). Para proporcionar la demanda

anual para entonces de 2864 Mg se requerirá 10 unidades de 288 Mg D₂O/año, como la unidad de referencia dada por AECL.

Programa de Producción

El agua pesada representa una parte vital de un programa de plantas nucleares de potencia a base de reactores CANDU y si México desea lograr un alto grado de autosuficiencia y seguridad de suministro, deberá comprometerse en un programa mayor de construcción de plantas de agua pesada.

Por otro lado, la total autosuficiencia implicaría el compromiso de muchas unidades mayores de producción (5-6 al principio del programa nuclear), lo cual pesaría seriamente sobre los recursos de la industria mexicana de construcción petroquímica y representaría serias dificultades en la administración de los recursos humanos, técnicos y físicos. Es dudoso que una demanda repentina de esta naturaleza pudiera cubrirse sin la importación directa de mucho de la tecnología e ingeniería de planta, y una fracción grande del equipo de la planta. Las dificultades de contratación y entrenamiento de personal serían agudas. Debe notarse que la situación difiere de la de un programa nuclear en que no se involucra un programa continuo y regular de construcción de plantas, y lo repentino y el plazo corto de las actividades de construcción no atraería a proveedores mexicanos para equiparse con vistas a la producción doméstica de componentes y equipos.

AECL propone un incremento gradual de la capacidad de producción de agua pesada en México. El -

programa de AECL requiere el compromiso de una nueva planta de agua pesada cada año de 1982 a 1989, - con plantas adicionales en 1992, 1995 y después del 2000. Nótese que la primera planta requeriría un - compromiso por adelantado del programa nucleoelectrónico. Este programa requeriría algunas compras de agua pesada en el extranjero, durante la primera - parte del programa, pero esto sería compensado más tarde por la capacidad potencial de exportación. La calendarización del programa se podría ajustar para reducir todavía más los requerimientos de importación de agua pesada, pero sólo a riesgo de tener - que llevar inventarios incrementados en fecha posterior y requiriendo duplicar los recursos de construcción.

El programa anterior es un buen compromiso, y realista entre la seguridad de suministro y la autosuficiencia por un lado y un compartir balanceado - de los recursos humanos y de fabricación nacionales, que son limitados con otros proyectos industriales mayores, por el otro lado.

Tecnología y Equipo

Las instalaciones de fabricación de agua pesada emplean tecnologías similares a las usadas por las industrias química y petroquímica. Tendría que importarse la tecnología (características del diseño de la planta, especificaciones, etc.) bajo licencia de fabricantes de agua pesada canadienses, suizos, de E.E.U.U. u otros. La cuestión principal - sin embargo es hasta qué punto será capaz la industria mexicana de participar en la fabricación de componentes.

Los componentes típicos de una planta de producción de agua pesada (del tipo Girdler-Sulfuro - usado como referencia en el estudio AECL) son los siguientes:

- Torres de destilación
- Torres de transferencia de masa con secciones de-unificado y desunificado
- Bombas centrífugas
- Sopladores
- Calentadores-Cambiadores de Calor
- Tanques y Tambores de expansión instantánea
- Tubería y Válvulas
- Sistemas Eléctricos y de Control
- Estructuras de Soportes de Torres y Equipo, etc.

La mayor parte de los componentes típicos de una planta de producción de agua pesada podrían ser suministrado por fuentes mexicanas. La industria mexicana puede demostrar en principio interés en participar en la fabricación de componentes, ya que un número relativamente grande de unidades de producción de agua pesada (alrededor de 10) necesitarán construirse hasta el fin del siglo para apoyar el programa nuclear.

Sin embargo, el problema remanente es la pesada carga impuesta a los talleres mexicanos de fabricación de equipos y componentes por el rápido ritmo actual del desarrollo petrolero y petroquímico. En el presente el equipo para fábricas químicas y petroquímicas = comparables a plantas de agua pesada=

se compran en mercados extranjeros en cerca de un 70%. Se espera que continúe el desarrollo químico y petroquímico por algunos años; la fabricación de componentes para las plantas nucleares de potencia mismas van a agregar más carga a la industria local, y de aquí que se espere en una base realista - a pesar del incremento de la capacidad de fabricación mexicana - que una parte significativa del equipo para las plantas de agua pesada tendrá que importarse del extranjero.

Se puede tener una idea general de los costos de capital de plantas de agua pesada considerando los costos de plantas en operación o planeación.

- Bruce A (capacidad de producción de 4 x 400 Mg D₂O/año) costo 255 millones de dólares canadienses)
- Bruce B (capacidad de producción de 4x 400 Mg/año de D₂O) costo 760 millones de dólares canadienses en 1974. Este precio incluyó algunos servicios comunes para otras plantas Bruce de agua pesada.

La planta de agua pesada Sulzer para Argentina (250 Mg D₂O/año) se estima que costará alrededor de 620 millones de francos suizos (valor de 1979).

En conclusión, de acuerdo con la información contenida en los estudios sobre el establecimiento de instalaciones del ciclo de combustible en México, que va desde valores razonables, en el caso de fa--

bricación de combustible y plantas de agua pesada, hasta valores bastante vagos en, por ejemplo, conversión de UF₆, enriquecimiento y reprocesamiento, se pueden hacer las siguientes observaciones con respecto a la participación industrial mexicana.

- La instalación de una planta de conversión para 1989, se ve razonablemente factible, en base a que se importe todo el equipo principal. Así la industria mexicana se restringirá a proporcionar equipo e instalaciones convencionales.
- La calendarización dada respecto al establecimiento de instalaciones para la fabricación de combustible, parece involucrar de nuevo la importación de todos los equipos principales para las primeras fases del programa.
- No se pueden hacer comentarios significativos respecto a las instalaciones para conversión de UF₆, enriquecimiento y reprocesamiento debido a la larga escala de tiempo involucrada. Sin embargo, se puede asumir que aunque tales plantas se materialicen en la escala de tiempo indicada, la participación de la industria mexicana se limitaría a equipos e instalaciones convencionales, y esto tanto por razones económicas ya que se involucrarían relativamente pocas plantas, así como por razones tecnológicas.
- Hasta el año 2000 se requerirían cerca de 10 plantas de producción de agua pesada (con una capacidad de 288 Mg D₂O/año cada una) para apoyar el programa de generación nucleoelectrónica en Mé-

xico (usando plantas CANDU). El equipo y tecnología involucrados en las plantas de agua pesada - es similar a los involucrados en las industrias - química y petroquímica. Este equipo podría en -- principio fabricarse en México. Sin embargo debi - do a la pesada carga que ha causado sobre la in - dustria local el rápido desarrollo de las áreas - química y petroquímica (además de la fabricación futura de componentes nucleares), es probable - que una gran proporción del equipo para plantas - de agua pesada tendría que ser comprado en los - mercados extranjeros.

4.1.8. SEGURIDAD NUCLEAR Y GARANTIA DE CALIDAD.

El requerimiento de operar seguramente las - - plantas nucleares de potencia a su vez genera requere - rimientos estrictos en el diseño y fabricación de - componentes nucleares. Tales requerimientos son:

a) Garantía de Calidad (QA)

En la industria nuclear se está prestando con - siderable atención, particularmente en los últimos - años, a los procesos administrativos que aseguren - que los componentes y sistemas están diseñados y es - pecificados correctamente. Llenar los requerimien - tos de garantía de calidad es una labor administra - tiva que consume tiempo. Se emiten gran número de - instrucciones internas para definir responsabilida - des del personal y de las unidades administrativas, para asegurar la adquisición del material correcto, etc.

b) Control de Calidad (QC).

El control de calidad juega un papel importante durante todo el procedimiento de fabricación, ensamble y prueba (rayos X, ultrasonido) ya que los productos deben estar completamente de acuerdo a los diagramas y demás instrucciones, y cualquier desviación debe ser registrada, reportada y en muchos casos aprobada por las autoridades de seguridad nombradas por el gobierno.

c) Limpieza durante la Fabricación.

En general, los componentes nucleares de acero inoxidable deben ser ensamblados en áreas limpias, separadas físicamente de otras partes del taller. El maquinado y soldadura deben también en muchos casos llevarse a cabo en áreas limpias totalmente separadas.

d) Documentación.

Debido al control detallado y la intervención de las autoridades nucleares, dentro del marco de los procedimientos para obtener licencia, se requiere que los datos, suposiciones y cálculos concernientes al diseño, análisis de tensiones, cálculos térmicos, y selección de materiales estén bien documentados.

CONCLUSIONES

* La diversificación de las fuentes primarias de energía es de vital importancia para el país, ya -- que con ello se logrará una menor dependencia de -- los hidrocarburos. En el corto plazo, las mayores -- oportunidades de diversificación se presentan en la -- generación de electricidad en donde es factible -- aprovechar, además del petróleo, los recursos hi -- dráulicos, carboníferos, geotérmicos y uraníferos.

* Es indispensable, de acuerdo con la estrategia que se plantea que se realice un estudio a nivel de inventario diagnóstico de los recursos energéticos del país; en tal forma que nos permita evaluar el -- potencial real de generación de energía. Con estos conocimientos podría entonces ya plantearse un es -- quema de explotación más racional en el que se pue -- da planear, programar, ejecutar y evaluar la utili -- zación de recursos existentes y completar a través -- de este mismo esquema, la oferta de energía por me -- dio de las diversas fuentes de energía.

* Como resultado del crecimiento de la demanda -- que se postula en el Plan Nacional de Desarrollo In -- dustrial, en el período 1980 a 2000, la oferta de -- electricidad deberá crecer a una tasa promedio del -- 12 % anual. Esto es, pasar de una generación de -- energía eléctrica de 58.1 TWh en 1979, a 550 TWh pa -- ra el año 2000. De ellos, la energía hidroeléctri -- ca bajo condiciones muy favorables, podría aportar -- 93.5 TWh anuales; el carbón en base a la producción -- nacional de carbones no coquizables, podría contri -- buir en el año 2000, con 82.5 TWh y la geotermia --

con 5.5 TWh. El resto, 368.5 TWh, deberán ser satisfechos mediante el uso de hidrocarburos únicamente, o mediante la combinación de hidrocarburos y nuclear.

* A este respecto, resulta conveniente señalar que entre 1980 y 2000, el consumo acumulado de petróleo crudo equivalente para la generación de electricidad, sin un programa nuclear sería de 8,461 millones de barriles. Si se decidiese un programa nucleoelectrico del orden de 20,000 Megawatts para el año 2000, este consumo se reduciría a 6,935 millones de barriles. El valor de los 1,526 millones de barriles ahorrados, a los precios actuales, sería suficiente para satisfacer las necesidades de inversión de un programa nucleoelectrico mucho mayor que el propuesto. De ahí la importancia de iniciar lo más pronto posible dicho programa.

* Los subprogramas a los que se debe dar prioridad dentro del programa nuclear son:

- . Localización, diseño y adquisición de sistemas y componentes, construcciones y operaciones de las centrales.

- . Formaciones de recursos humanos.

- . Integración industrial.

- . Prospección, exploración, explotación y beneficio de uranio.

- . Enriquecimiento de uranio, producción de agua pesada, fabricación de combustible, almacenamiento de desechos radioactivos y procesamiento de combustible irradiado.

* Para poder seleccionar adecuadamente la línea de reactores para el Programa Nucleoeléctrico nacional, se deben de considerar aquellos que signifiquen: menor dependencia del extranjero; mayor participación de la industria nacional; posibilidades de expansión nucleoelectrica, aprovechando los costos de oportunidad; seguridad en la conservación y administración de los recursos uraníferos del país, y un stock considerable de plutonio que sirva de base para iniciar a futuro un programa de desarrollo de reactores rápidos de cría.

* Independientemente del tipo de planta nuclear, existirá la necesidad de personal profesional entrenado y de trabajadores especializados. Dados objetivos generales de participación industrial, es probable que el tipo de reactor que se elija, afecte tan sólo marginalmente el requerimiento básico de personal, en cuanto a calidad y número.

* En el año 2000, será necesario contar con cerca de 70,000 personas, para el sector nucleoelectrica, 7% de alto nivel, 23% a nivel de licenciatura y 70% de nivel técnico. El 54% del personal requerirá ser entrenado en técnicas específicas. Por lo anterior, se puede ver que las dimensiones de un programa de formación y entrenamiento de personal, debe contemplar a más de 150,000 personas en un lapso de 20 años para realizar un adecuado proceso de selección.

* El Plan requiere de un programa de formación de recursos humanos que garantice su operación, a través de la vinculación entre 4 sectores básicos: el energético, el científico y tecnológico, el industrial y el educativo. Base sin la cual no es po

sible poder transferir tecnología en condiciones favorables para el país.

* El sector eléctrico nuclear deberá contar en 1990 con 13 mil trabajadores capacitados, el sector industrial con 17 000, el de investigación y desarrollo con 800. En el año 2000 estas cantidades serán mayores: 25 000 en el sector eléctrico, 42 000 en el industrial y aproximadamente 3 000 en el de investigación, desarrollo y regulación.

* La meta del Programa de Energía de alcanzar 20 000 megawatts nucleares representará a costos actuales una inversión cercana a los 700 mil millones de pesos por lo que sería altamente deseable que la industria mexicana se beneficiara de las economías de escala que esta inversión genere.

* Para que la industria esté en condiciones de poder fabricar los componentes necesarios, deberá contar o absorber a 42 000 personas, 15% de alto nivel, 37% de licenciatura y 48% de nivel técnico.

* Dentro de la negociación para transferir tecnología se debe garantizar el mayor grado de participación nacional, acompañado de un programa paralelo de formación de recursos humanos, que permita ir estructurando la industria nuclear nacional. Este proceso de transferencia de tecnología debe ser paulatino, conforme a las necesidades y condiciones que se presenten en el sector nucleoelectrico nacional.

* Debe garantizarse la plena autonomía en el ciclo de combustible. La independencia y la soberanía nacional son el primer orden de la autosuficiencia del país en el ciclo de combustible.

* El gobierno mexicano no debe aceptar ofertas - de países que demanden acuerdo de cooperación bilateral o que no puedan proveer la transferencia de - tecnología para el ciclo de combustible completo.

* México cuenta con 10 mil toneladas probadas de uranio, sin embargo, de no acelerar URAMEX sus programas de prospección, exploración, explotación y - beneficio de los recursos uraníferos con que cuenta el país, la oferta de uranio será insuficiente para abastecer las plantas nucleares que posiblemente es tarán operando en la década de los noventas.

* Los diseños presentados por AECL, ASEA-ATOM y - SOFRATOME, (CANDU, BWR y PWR, respectivamente) co-- rresponden a plantas con tecnologías probadas y - - bien establecidas.

* Desde el punto de vista de operación, los reac-- tores BWR y PWR tienen mayor flexibilidad en cuanto a variación de carga se refiere, sin embargo, dado-- que se contempla que las plantas nucleares actúen - como plantas base en el sistema eléctrico nacional, no se considera que este factor tenga demasiada im-- portancia.

* La característica del reactor CANDU en cuanto a recarga de combustible durante la operación de la planta, puede ser considerada como una ventaja de - este sistema, ya que aparentemente las plantas nu-- cleares estarán sujetas a alta demanda en el futuro previsible.

* En cuanto a rendimiento de operación se refie-- re, los valores obtenidos, para el sistema CANDU, - son en promedio más elevados que para el PWR, que a su vez, son mayores que en el caso de BWR. Así, du--

rante el período 1975 a 78, los factores de carga - promedio fueron de 72.4%, 65.4% y 55.4% respectivamente. Estos datos cubren un gran número de plantas y compañías eléctricas en cuanto a BWR y PWR con--- cierge, mientras que los datos del CANDU están aso--- ciados principalmente a la compañía eléctrica Onta--- rio Hydro.

* Los sistemas CANDU han mostrado que es posible reducir al mínimo las pérdidas de agua pesada me--- diante buenos sistemas de mantenimiento y operación.

* Con ninguno de los tres tipos de reactor, se - espera que exista impacto radiológico importante, - al medio ambiente, durante la operación normal de - la planta.

* Desde el punto de vista de seguridad, las plan--- tas BWR y PWR, han sido sujetas a criterios de li--- cenciamiento más estrictos que el CANDU. El alto - grado de redundancia y la doble contención del sis--- tema BWR de ASE-ATOM, lo coloca al más alto nivel - de seguridad, comparado con los otros dos. Adicio--- nando los criterios mencionados, tanto el CANDU co--- mo el PWR pueden alcanzar un nivel similar (esto se ha hecho en Alemania para sus plantas tipo PWR).

* En la actualidad el sistema PWR ha sido más fa--- vorcedo internacionalmente que el BWR.

* Se espera que desde el punto de vista del cos--- to de capital, los sistemas BWR y PWR sean simila--- res para unidades de igual tamaño, considerando las plantas de referencia. El sistema PWR se beneficia al tener dos unidades. Si se hubiesen propuesto - dos unidades BWR se obtendrían costos de capital si--- milares.

* La diferencia en costo de capital entre el sistema CANDU y el PWR es ligeramente mayor del 8% (excluyendo el inventario de agua pesada). Este valor es menor que el estimado en estudios pasados, llevados a cabo en otras partes; es posible que haya influido en ello la fuerte presión mundial para lograr mayores niveles de seguridad en los sistemas de agua ligera.

* Si tomamos en cuenta el inventario de agua pesada como un costo de capital para el CANDU, éste será aproximadamente 35% mayor que en el PWR. Suponiendo costos y criterios de licenciamiento del país de origen.

* Como era de esperarse, los costos para el ciclo de combustible del sistema CANDU, son considerablemente menores (60%) que los del BWR y PWR.

La evaluación económica indica que el sistema PWR tiene una pequeña ventaja sobre el CANDU y el BWR (7.3% y 6.22% respectivamente), con referencia a los costos de generación.

Si se utilizan los datos reportados por los contratistas el resultado sería favorable al CANDU (19.6% mejor que el BWR y 31.4% que el PWR).

* Considerando que el tiempo de maduración de los proyectos de instalación de plantas nucleares es del orden de 10 años, es imprescindible que el gobierno federal, decida a la brevedad posible la línea de reactores que deberán adquirirse, de no hacerlo se verá seriamente comprometido el futuro energético del país.

* Desde el punto de vista de recursos y capacidad

des industriales en el mundo, no se ve problema en cuanto a seguridad de suministro de uranio natural, enriquecimiento y fabricación de combustible; sin embargo, no podemos descartar los aspectos políticos relacionados con problemas de no-proliferación.

* México debe asignar una mayor cantidad de recursos financieros para asegurar e incrementar la explotación sistemática de las reservas potenciales de toda índole, tradicionales y no convencionales, promoviendo la instrumentación de programas de industrialización, especialmente en el campo de los bienes de capital necesarios para el sector energético, para lo cual sería recomendable generar un mecanismo de coordinación que concentrara todos los recursos que en forma dispersa se dedican a esta área, con participación de las universidades, tecnológicos, institutos y centros de investigación y con la participación de otros organismos públicos y privados.

BIBLIOGRAFIA

- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
BOLETIN No. 4. VOL 14.
1972
- BARRERA RIOS MACEDONIO.
INDUSTRIALIZACION Y DESARROLLO ECONOMICO. EL CASO
DE MEXICO.
TESIS PROFESIONAL ENE-UNAM.
1968.
- HANSEN D. ROGER.
LA POLITICA DEL DESARROLLO MEXICANO.
EDITORIAL SIGLO XXI.
MEXICO, 1970.
- INSTITUTO LATINOAMERICANO DE PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL.
GUIA PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS.
EDITORIAL SIGLO XXI.
MEXICO, 1975.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y PLANEACION INDUSTRIAL.
ENERGETICOS; PANORAMA ACTUAL Y PERSPECTIVAS.
MEXICO, 1974.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES.
PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL.
ANALISIS DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.
DOCUMENTO INTERNO.
MEXICO, 1980.

- KRYMM, R. Y WOITE, G.
CALCULO DE LA DEMANDA FUTURA EN MATERIA DE URANIO
Y SE SERVICIOS DEL CICLO DE COMBUSTIBLE.
O.I.E.A.
BOLETIN VOL 18. No 5/6.
- LOPEZ ROSADO DIEGO G.
CURSO DE HISTORIA ECONOMICA DE MEXICO.
UNAM.
MEXICO, 1963.
- MARIA Y CAMPOS MAURICIO DE
TRANSFERENCIA, ABSORCION Y ADAPTACION DE TECNOLO-
GIA. INSTITUTO DE ESTUDIOS POLITICOS ECONOMICOS
Y SOCIALES.
- MENDEZ PALMA EMMANUEL.
EL PROGRAMA DE FORMACION DE RECURSOS HUMANOS DEL-
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES.
ININ.
MEXICO, 1979.
- PETROLEOS MEXICANOS.
CINCO AÑOS DE REALIZACION EN LA INDUSTRIA PETRO-
LERA
1977 - 1981
MEXICO.
- PIERRE GEORGE.
GEOGRAFIA DE LA ENERGIA.
EDITORIAL MEDICIS.
MEXICO, 1950.
- PIERRE GEORGE.
GEOGRAFIA ECONOMICA.
EDITORIAL ARIEL.
MEXICO, 1970.

- PONCE ANTONIO.
SITUACION Y PERSPECTIVAS DE LOS ENERGETICOS EN MEXICO.
EL ECONOMISTA MEXICANO.
VOL XII. No. 2
MARZO - ABRIL, 1978.
- SECRETARIA DE COMERCIO.
COMISION DE TARIFAS DE ELECTRICIDAD Y GAS.
BOLETIN No. 103.
NOVIEMBRE, 1981.
- SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL 1979-1982.
MEXICO, 1979.
- SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.
PROGRAMA DE ENERGIA.
MEXICO, 1980.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.
PLAN GLOBAL DE DESARROLLO 1980-1982
MEXICO, 1980.
- SOLIS M. LEOPOLDO.
HACIA UN ANALISIS GENERAL A LARGO PLAZO DEL DESARROLLO ECONOMICO DE MEXICO.
- TELLO MACIAS CARLOS.
UN INTENTO DE ANALISIS DE LA DISTRIBUCION PERSONAL DEL INGRESO,
DISYUNTIVAS SOCIALES.
EDITORIAL SEP-SETENTAS.
MEXICO, 1971.

- VARIOS AUTORES.
CRISIS ENERGETICA Y RECURSOS NATURALES.
SALVAT EDITORES.
MEXICO, 1973.
- VAZQUEZ TERCERO HECTOR.
FOMENTO INDUSTRIAL EN MEXICO.
Op. Cit. POR BARRERA RIOS MACEDONIO.
- VERNON RAYMOND.
EL DILEMA DEL DESARROLLO ECONOMICO.
EDITORIAL DIANA.
MEXICO, 1968.
- VILLAREAL RENE.
ENSAYO.
EL ECONOMISTA MEXICANO. VOL XV. No. 2
MARZO - ABRIL 1981.
- V. KUZNETSOV.
EL PROGRESO TECNICO EN LA UNION SOVIETICA.
EDITORIAL PROGRESO.
MOSCU.
- WILKIE.
LA REVOLUCION MEXICANA.
Op. Cit. POR HANSEN D. ROGER.