



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Economía

La Energía Nuclear una Alternativa para Satisfacer la Demanda de la Energía Eléctrica en México

T E S I S

Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN ECONOMIA
p r e s e n t a :
JULIO ALFONSO CERVANTES GONZALEZ

México, D. F.

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.

PROLOGO

La energía eléctrica es un elemento fundamental para el desarrollo de cualquier país, desde el punto de vista económico y social.

Pero su uso cotidiano y casi mecánico nos hace olvidar - su verdadera importancia y sólo cuando por alguna circunstancia imprevisible nos llega a faltar el fluido eléctrico, sólo entonces nos percatamos de la gran variedad de usos que tiene éste - energético. La falta momentánea de la energía eléctrica en una ciudad como el Distrito Federal, causa diversos trastornos a la industria, al transporte, a los servicios públicos y privados y en general se puede decir que no hay industria o actividad humana que no se vea afectada con la carencia del fluido - eléctrico.

Para la generación de la energía eléctrica, México utiliza actualmente tres fuentes: Las hidroeléctricas, las termo---eléctricas, y las geotérmicas. Con estos tres tipos de generación, México satisface actualmente sus necesidades pero tomando en cuenta que la demanda de energía crece aceleradamente debido a la necesidad de desarrollo del país y conociendo las limitantes de las actuales fuentes, como en el caso de: Las hidroeléctricas, cuyo mayor limitante es que el potencial hidroeléctrico aprovechable que tiene México, que no puede ampliarse y que estará agotado para el año 2000, además su potencial real depende

de un fenómeno físico como es la lluvia.

Las termoeléctricas pueden ampliarse e instalarse en cualquier lugar, pero su inconveniente es que consumen combustibles fósiles que son recursos no renovables y que en un futuro no muy lejano se agotarán.

Las geotérmicas que aprovechan el vapor del subsuelo para la generación de energía eléctrica, dependen de los lugares geotérmicos factibles de aprovechamiento, que en la mayoría de los casos se localizarán lejos de los lugares de consumo y aunque su aprovechamiento ya es para uso comercial, su poco rendimiento la hace considerarla todavía en etapa experimental, pero que aumentará su aprovechamiento en el futuro.

Ante este panorama y la creciente demanda de energía eléctrica que el país requiere para su desarrollo, solo nos queda - como única alternativa, la energía nuclear para la generación - del fluido eléctrico.

El aprovechamiento de la energía nuclear para México, no resulta una medida económica, pero en el futuro lo será. Por ahora solo es una medida política de previsión, que de no apoyarse decididamente hoy, será causa de las crisis energéticas que se presenten en el futuro.

Aunque los orígenes diabólicos de la energía nuclear, - están resultando argumentos de mayor peso que sus aspectos posi-

tivos, que la definen como una de las fuentes energéticas menos contaminantes y con mayores posibilidades. A pesar de esto, no debe darse marcha atrás al proyecto nucleoelectrico de México.

Debido a los períodos involucrados en la solución de los problemas energéticos, no sólo con energía nuclear sino con cualquier otra fuente, debe tenerse cuidado con el fenómeno señalado claramente en el reporte del WAES*, la situación energética mundial puede tornarse crítica sin pasar necesariamente por una etapa en la que podría considerarse seria. Es fácil comprender que si el desarrollo económico mundial se recupera, ocurrirá déficit de energía y la situación se volverá crítica casi de inmediato. Una posibilidad de evitar este riesgo, es hacer que todas las fuentes disponibles lo estén realmente, de tal suerte que puedan compensarse las reducciones en cierto tipo de energéticos, incrementando la producción en alguna de las fuentes disponibles.

* Workshop on Alternatives Energy Strategies.

INDICE

CAPITULO I DIFERENTES FUENTES DE OBTENCION DE ENERGIA ELECTRICA (1)

- A) PLANTAS HIDROELECTRICAS
- B) PLANTAS TERMoeLECTRICAS
- C) PLANTAS GEOTERMICAS
- D) ENERGIA NUCLEAR
- E) OTRAS FUENTES

CAPITULO II IMPORTANCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA (24)

- A) COMO MEDIO PARA LA CREACION DE POLOS DE DESARROLLO
- B) LA ELECTRICIDAD EN LA AGRICULTURA
- C) LA ELECTRICIDAD EN LA INDUSTRIA
- D) LA ELECTRICIDAD EN LOS SERVICIOS PUBLICOS Y PRIVADOS

CAPITULO III LAGUNA VERDE, UN PRIMER INTENTO (40)

- A) LA ENERGIA NUCLEAR EN MEXICO
- B) REACTOR DE LAGUNA VERDE DE C.F.E.
- C) UNA MEDIDA POLITICA ECONOMICA
- D) COMO DEFENSA O PREVISION AL AGOTAMIENTO DE LOS COMBUSTIBLES FOSILES
- E) CONTRARRESTAR EL ATRASO EN ESTE CAMPO
- F) LA CAPACITACION DEL PERSONAL; MEDIDA DE SEGURIDAD Y PREVISION DE ACCIDENTES NUCLEARES

CAPITULO IV	<u>IMPORTANCIA DE LA ENERGIA NUCLEAR</u>	(65)
A)	FISION TERMONUCLEAR CONTROLADA	
B)	LA ENERGIA NUCLEAR COMO FUERZA DE PROPULSION DE GRANDES MAQUINAS	
C)	LA ENERGIA NUCLEAR COMO ASOMBROSO POTENCIAL DE ENERGIA	
D)	LA OBTENCION DE ENERGIA ELECTRICA CON APARATOS QUE OCUPEN MUY POCO ESPACIO (PILA ATOMICA O REACTOR NUCLEAR PORTATIL)	
	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	(81)
	APENDICE	(84)
	BIBLIOGRAFIA	(95)

CAPITULO I

DIFERENTES FUENTES DE OBTENCION DE ENERGIA ELECTRICA

A) PLANTAS HIDROELECTRICAS

Es posible definir una planta hidroeléctrica como un organismo destinado a utilizar en forma eléctrica, parte de la energía que existe potencialmente en cualquier masa de agua, que se encuentre a una altitud mayor que el nivel del mar. Zubícaray dice "El agua que corre sobre la superficie de la tierra en los ríos, tiene una energía cinética, que representa la altura sobre el nivel del mar, y que puede y debe ser utilizada en uno o varios pasos con plantas hidroeléctricas escalonadas, ya que en la actualidad, cuando tan escasa es la energía, no se puede permitir que un río fluya libremente al mar sin haber utilizado su energía potencial". (1)

Los países mas ricos en recursos hidroeléctricos son: Estados Unidos, Rusia, China y Brasil; esta riqueza natural tiene su origen en la hidrografía mundial, originada por la evaporación del agua de los océanos, que se derraman en forma de lluvias, del total de la evaporación del agua de los mares (400,000 Km.³ Aprox.) solo una cuarta parte cae sobre tierra firme, y mas de la mitad de esa cuarta parte se pierde por reevaporación; es decir, que se dispone de 1/8 a nivel mundial. (50,000 Km.³ Aprox.). (2)

(1) Viejo Zubícaray y Alonso "Energía Hidroeléctrica" Limusa México, 1977, Pág. 15.

(2) Ibid: 74.

México tiene el 1% de ese 1/8 de precipitación pluvial - (500 Km.³).

El uso de la energía hidroeléctrica data del tiempo de los Romanos, hace 2,000 años se desarrolló lentamente durante 18 siglos; el inconveniente que se tenía y se tiene es que se debe de instalar cerca de los ríos, a diferencia de las de vapor que tienen mas facilidad de instalación, su gran desarrollo se inició en 1910, las primeras grandes centrales hidroeléctricas fueron las de Niágara, después de 1930 proliferaron por varias razones: el incremento de la demanda de energía, la creación de empleos durante la gran depresión y el desarrollo de la ingeniería civil.

México ocupa el 22o. lugar en recursos hidrológicos con 500 Km.³ de agua que representa el 1% del potencial mundial, si bien a simple vista parece bajo, no lo es con otro tipo de energéticos: se tiene el 1% de las reservas mundiales de carbón, el 1.95% de petróleo y este porcentaje está aumentando por los nuevos descubrimientos; el 1.28% en gas; además lugares geotérmicos, de los cuales aun se desconoce su potencial real. Como se puede apreciar México, es un país intermedio ya que no puede compararse con las grandes potencias, pero tampoco puede decirse que tenga grandes carencias, se tienen recursos que deben cuidarse y explotarse con una gran racionalidad buscando afanosamente nuevos yacimientos.

El potencial hidroeléctrico que queda por desarrollar en México es del orden de cuatro veces mayor a la actual capacidad de generación.

Las plantas hidroeléctricas representan grandes inversiones y su costo total puede variar, ya que para un aprovechamiento hidrológico con una misma capacidad de generación puede variar el costo de la inversión inicial por la situación geográfica de comunicación, las dificultades que presenta el terreno para el aprovechamiento de la energía hidráulica y el transporte de la misma hasta los lugares de consumo que ocasiona gastos, pérdida en las líneas por el mantenimiento y que aumenta cuando más largas son éstas, y las indemnizaciones a las comunidades que resulten afectadas por alguna obra que comprende su reacomodo con todos los servicios; alumbrado, drenaje, etc. El potencial hidrológico que tiene México actualmente, quedará agotado, según los programas de Comisión Federal de Electricidad, para fines de siglo.

Las ventajas en la construcción de una planta hidroeléctrica, es que el componente nacional en la inversión es aproximadamente del 75% y que podría elevarse en breve plazo casi al 100% ya que en el país se ha empezado a fabricar el equipo pesado para la construcción de turbinas hidráulicas y generadores eléctricos correspondientes; la ingeniería es realizada por técnicos mexicanos que tienen una gran experiencia en este campo, al grado que su tecnología a sido solicitada y comprada por otros países, además representan una fuente de trabajo para la región donde se realiza la obra y contribuye a mejorar la infraestructura de la zona. (3)

(3) Informe del Sector Eléctrico, 1970-1976 C.F.E. México Pág. 13.

Los beneficios de la presa ya terminada son muchos y variados, que pueden ser económicos o de índole social, ya que mejoran la ecología de la región, mejorando la temperatura y la humedad por la regulación del escurrimiento del río. En el vaso se pueden sembrar especies de peces, que constituyen ya un nuevo elemento de vida para los pobladores aledaños; también el vaso puede servir como atracción turística, lugar de recreo y pesca. Se mejora la agricultura de riego por la regulación del escurrimiento e indirectamente se ve mejorada la tierra de temporal; evita inundaciones, también se pueden utilizar los lugares cercanos para crear industrias, aprovechando la energía ahí generada y los recursos que tenga lugar o que sean factibles de utilizar, y la más importante que no es contaminante para la generación de energía eléctrica y nos permiten ahorrar el consumo de recursos no renovables (hidrocarburos) y prolongar así la disponibilidad de estos.

Donde existen plantas termoeléctricas e hidroeléctricas estas últimas funcionan como plantas pico por su facilidad de arranque y paro; ya que generan la demanda de fluido eléctrico que la demanda ocasiona, ya que la necesidad de energía eléctrica no tiene un nivel de requerimientos constantes; es decir, su demanda varía a lo largo del día y a través del año.

Las plantas termoeléctricas se consideran como plantas base porque no se pueden poner en operación y parar en cualquier momento debido a los problemas térmicos de las calderas y de los turbogeneradores, por lo que su explotación debe ser continua y uniforme, y el tiempo de utilización debe ser el más largo posible, la potencia para cubrir

los picos será por parte de las hidroeléctricas, esta es una de sus principales aplicaciones.

Las plantas de acumulación hidráulica no se usan mucho, pero es otra forma de generación eléctrica y que resulta muy útil para cubrir las demandas máximas normales, el sistema consiste en poner dos embalses de agua, uno arriba y otro abajo; en momentos en que el sistema de demanda es mucha la carga, el agua fluye desde arriba hacia abajo, accionando las turbinas; cuando la demanda es muy baja, entonces se bombea el agua de abajo hacia arriba tomando la energía eléctrica de las plantas de base y de esta manera se aprovecha el sobrante de potencia que no puede ser almacenado.

La energía proveniente de las plantas hidroeléctricas consideradas como plantas pico debe estar complementada con un sólido sistema de transmisión para satisfacer la demanda máxima de carga sin utilizar otros medios de generación que graviten sobre la economía del país.

B) PLANTAS TERMoeLECTRICAS

Una planta termoeléctrica es una instalación que tiene por objeto convertir o transformar el calor en electricidad; consta de tres elementos fundamentales:

- A) Un Generador de Vapor o Caldera.
- B) Una Turbina de Vapor.
- C) Un Generador de Corriente Alterna o Alternador.

Su proceso de generación consta de los siguientes pasos: Combustión del combustible (Carbón, Petróleo, Gas, etc.) el calor producido convierte el agua en vapor, que se envía a la sala de máquinas donde accionan las turbinas, y estas a su vez a los generadores de energía eléctrica, se lleva la tensión de la energía producida a la sala de transformadores y se dirige a la estación de distribución desde donde se distribuye a los diferentes puntos de consumo.

En una termoeléctrica debe procurarse que las longitudes de las tuberías que conducen el agua hasta las calderas sean lo más pequeñas posibles, por lo que conviene que se instalen cerca de un depósito natural de agua, de la misma forma deberá reducirse la distancia de las tuberías que conducen el vapor de las calderas a las máquinas motrices (Turbinas y generadores). El combustible también debe quedar cerca, los puntos de consumo deben estar próximos a las centrales, pues de lo contrario la producción y el posterior transporte de la energía eléctrica no resultará económico.

Uno de los elementos más importantes del costo del Kwh -

generado es el costo del Kw instalado, cuya disminución se logra aumentando la capacidad de las unidades y reduciendo el tiempo de la instalación y arranque de las mismas.

En orden de importancia, los elementos del costo que se incrementan en proporción al tiempo de montaje y prueba: el capital invertido no produce hasta que se inicie la generación de Kwh's, en el inicio de la construcción ya se tiene invertido un 40% del costo total, y en los últimos meses un 95% del mismo, por lo que tomando en cuenta el costo de una unidad termoeléctrica de combustible fosil de 300 Mw, se estima que el costo mensual por capital invertido en los últimos meses es aproximadamente del 1%, añadiendo los cargos fijos de la superintendencia de construcción, resulta un monto muy respetable que se debe al retraso mensual de la obra. (4)

La obra civil de una termoeléctrica debe arrancarse después de 8 a 12 meses de la iniciación del diseño; el montaje del generador de vapor o caldera; inmediatamente después de la terminación de las cimentaciones, y las pruebas de la unidad, cuatro meses antes de la terminación del generador de vapor.

Es fundamental la entrega oportuna de materiales y equipos situados en la ruta crítica, por lo que para tener éxito en los programas de construcción, es indispensable un severo control del avance de fabricación y entrega de los mismos.

La Comisión Federal de Electricidad, cobra a los proyee-

(4) Informe del Sector Eléctrico. 1970-1976 C.F.E. México, Pág. 61.

dores un porcentaje del monto total por cada día de atraso de la entrega del material y equipo, que si bien este ingreso puede aligerar la carga económica generada por el atraso de una entrega, no logra restringir los daños o trastornos de una demanda de energía insatisfecha.

Las pruebas y arranques de la planta constituyen la etapa más dramática de la construcción, pues en ella afloran todas las deficiencias que se hayan tenido en el diseño, fabricación de equipo y ejecución del montaje.

Dado que el número de equipo es enorme y la complejidad de los sistemas a operar grande, siempre existe un porcentaje de errores cuya solución debe ser inmediata y certera, para no retardar la entrada de la unidad.

Es menester mencionar que la etapa de construcción de las plantas termoeléctricas es un campo muy propicio para la formulación de nuevas técnicas y la transferencia de tecnología. En virtud de que se instalan muchos equipos de importación que para su montaje y garantía requieren la presencia de técnicos del país de su origen, es una magnífica oportunidad para absorber de ellos, las técnicas de montaje y ajuste que posteriormente serán aplicadas al mantenimiento de tales equipos. Así se enriquece la experiencia de las técnicas nacionales, disminuyendo la dependencia tecnológica en el futuro.

El uso del carbón mineral como combustible para generar electricidad a escala comercial data del año 1966, en el que la Comisión Federal de Electricidad inició la operación de la termoeléctrica Venus--

tiano Carranza en Nava, Coah., con una capacidad instalada de 37.5 MW y la cual tiene un consumo anual aprox. 150,000 Ton., al año.

Las reservas carboníferas permiten afirmar que este energético podrá reducir la dependencia de los hidrocarburos para la generación de electricidad.

En la cuenca de fuentes de Río Escondido, Coahuila, el Departamento de Geología ha cuantificado 180 millones de ton., que cubren ampliamente el consumo por un período de 30 años de la Planta Termoeléctrica. Se considera que puede ser factible obtener reservas positivas por 800 millones de Ton. Para las Plantas Termoeléctricas que se han planeado con una capacidad instalada de 7,050 MW para el año 1990 éstas plantas permitirán ahorrar 70 millones de barriles de petróleo, durante los 30 años de las reservas de carbón.

Por lo que respecta a los costos de generación eléctrica producida por carbón, resulta algo más cara que la producida por combustible a precios nacionales, pero más barata que la producida por Energía Nuclear.

C) PLANTAS GEOTERMICAS

El hombre ha utilizado la energía geotérmica desde épocas remotas, algunos pueblos antiguos utilizaban fuentes termales como baños, con fines higiénicos, curativos y religiosos. En la actualidad, algunas de éstas instalaciones termales, con varios miles de años de antigüedad, aún están en funcionamiento.

Desde el principio de este siglo se iniciaron esfuerzos orientados a lograr la generación de electricidad a partir del fluido geotérmico, particularmente en Italia (Larderello); sin embargo, no fue sino hasta hace dos decenios que algunos países lograron la aplicación comercial exitosa, por lo que en este campo existen aún problemas importantes sin resolver para lograr una tecnología que permita obtener el máximo provecho de este recurso a un costo adecuado.

El aumento del precio del petróleo, después de la crisis de 1973, hizo que se reconsiderara la posibilidad de utilizar fuentes distintas de energía. En el caso de la energía geotérmica, aumentó el interés, tanto en la producción de electricidad como en usos no eléctricos.

Es importante desarrollar nuevas técnicas para mejorar la explotación geotérmica porque permitirá aprovechar en un plazo más corto y a un menor costo el potencial geotérmico. Indirectamente puede lograrse un ahorro en la utilización de hidrocarburos y dedicar estos últimos a procesos de mayor rendimiento. (5)

(5) Instituto de Investigaciones Eléctricas. México, Vol.5, No. 5. Marzo 1981. Pág. 81.

La energía geotérmica en México, tiene muchas manifestaciones en todo el territorio, en Cerro Prieto, Baja California Norte y las del Eje Volcánico que se encuentran localizadas en la parte central del país; en Jalisco, los Negritos; Ixtlán de los Hervores, Los Azufres y Sur Lago de Cuitzeo en Michoacán.

Actualmente se han localizado y estudiado en forma preliminar con geológica superficial y geoquímica más de 300 sitios de los cuales se espera que la mayoría de ellos pueden ser explotados económicamente.

México es uno de los primeros países que inició el estudio para el aprovechamiento de los lugares geotérmicos.

Como dato histórico se instaló y operó el primer turbogenerador geotérmico de América en la zona de Pathe en el Estado de Hidalgo, aunque se trató de una planta piloto, demostró ésta, la factibilidad de explotación comercial del recurso.

El área de Cerro Prieto en Baja California Norte, presentaba características importantes para la explotación geotérmica, por lo que se instaló la primera planta geotérmica a escala comercial de América Latina y cuya planta fue inaugurada el 4 de abril de 1973, con una capacidad de 75 MW. El costo para el aprovechamiento del vapor geotérmico utilizado para la generación eléctrica, es del mismo orden que el costo a precio nacional del combustóleo utilizado en plantas térmicas, convencionales, pero al utilizarse el vapor geotérmico se alivia la carga del consumo de los hidrocarburos. (Cerro Prieto ahorra anualmente un millón

de barriles de petróleo). Se sigue estudiando Cerro Prieto y abriendo nuevos pozos, para su explotación se trata de instalar una capacidad de generación de 400 MW para el año 1982.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas, declara que: "En la explotación de Cerro Prieto, además de aprovecharse el vapor se obtiene como subproducto una salmuera rica en sales minerales, algunas tan importantes como el cloruro de potasio utilizado ampliamente en la agricultura como fertilizante. Se pretende aprovechar esa salmuera lo cual beneficiaría grandemente al país, se especula que satisfacería la demanda interna." (6) (todo el potasio que se utiliza en el país es de importación).

Los primeros estudios geológicos estiman un aprovechamiento útil de 12,000 MW (con técnicas actuales) que representaría un ahorro de 160 millones de barriles de petróleo anualmente.

El desarrollo de la energía geotérmica en México ha tenido un fuerte impulso en los dos últimos decenios en especial con la instalación de la planta geotérmica de Cerro Prieto en el Edo. de Baja California Norte.

La generación de electricidad mediante energía geotérmica puede jugar un papel significativo en el desarrollo energético del país, como lo apunta el programa de energía del gobierno donde se considera

(6) Instituto de Investigaciones Eléctricas. "Informe Anual IIE". México, 1980. Pág. 15.

una opción "que deberá rendir sus principales frutos en los años 90's - pero que su potencial futuro dependerá en buena medida del esfuerzo que se realice en el presente". (7)

Las dificultades que se presentan para el aprovechamiento de los lugares geotérmicos son: la carencia de personal profesional y técnicos especializados, dispersión y falta de difusión de la información técnica relativa a tecnología disponibles en el mercado, problemas financieros para desarrollar la explotación y la producción de energía geotérmica, carencia de infraestructura apropiada y limitaciones institucionales de carácter jurídico y administrativo y lo lejos que se encuentre de los centros de consumo que representa costos de transmisión.

La energía geotérmica implica cierta incertidumbre actualmente sobre los costos de capital y de operación pero que irá desapareciendo a medida que se vaya acumulando mayor experiencia.

El aprovechamiento de la energía geotérmica para producir electricidad tiene las ventajas de no precisar de hidrocarburos que, no son renovables, el de llevar a las regiones aledañas la oportunidad de empleo, el de mejorar en la infraestructura, en particular las comunicaciones y no debe de olvidarse el aspecto turístico y el aprovechamiento químico que tienen sus aguas.

La investigación de la geotérmica como medio de generar

(7) Programa de Energía "Metas a 1990 y Proyecciones al año 2000". - Sepafin. México. Pág. 72.

electricidad prosigue las labores de perforación en Cerro Prieto para ampliar la capacidad de explotación del vapor del agua natural en esa zona y en los Campos de Ixtán de los Hervores y los Negritos en Michoacán.

Se estima que en esta zona, con una superficie de 12 Km.² estudiados, existen reservas de vapor suficientes para generar 7,000 millones de KWH anuales durante 20 años, y que los recursos geotérmicos potenciales estimados en todo el país son del orden 411,860 GWH, que a su vez se traducen en 49.4 millones de barriles anuales de petróleo. (8)

Actualmente están operando 30 pozos para 4 unidades turbogeneradoras con capacidad total de 150.

Las dos primeras plantas geotérmicas se instalaron con dos turbogeneradores de 37.5 MW cada una en abril de 1973 y las otras dos en abril de 1979.

(8) Instituto de Investigaciones Eléctricas. México Vol. 5. No. 5. Marzo 1981. Pág. 83.

D) ENERGIA NUCLEAR

En una central nuclear, el combustible es, principalmente, uranio y se aprovecha el calor generado al romperse o fisionarse los átomos constituyentes de dicho material.

Aún no hace mucho tiempo se creía que la materia estaba constituida por pequeñas partículas denominadas moléculas, formadas a su vez por otras partículas más pequeñas, llamadas átomos. Las moléculas podían descomponerse en sus átomos individuales pero que no era posible dividir al átomo en unidades más pequeñas, se daba por sentado que los átomos eran partículas indivisibles de la materia, después se descubrió que estaba constituida por partículas más pequeñas. Pero contra lo que se creía hasta no hace mucho tiempo, el átomo puede romperse o dicho en términos científicos fisionarse, resultando partículas libres aún mas pequeñas, la energía desarrollada al fisionarse los átomos es la energía atómica que, inmediatamente se transforma en calor o energía térmica, y esta energía térmica es la que se aprovecha en las centrales nucleares.

El desarrollo de la energía atómica en sus aplicaciones pacíficas, se dividen en dos clases. La primera, la aplicación del calor producido por la fusión nuclear a la generación de electricidad y la segunda, la producción de isótopos radiactivos que son valiosísimos en numerosas esferas de la agricultura, la industria, la medicina y la investigación.

Para poder comprender como se puede usar la energía atómica

y, en rigor, para explicar el significado de la fisión nuclear y de los isótopos radiactivos, debemos primero dar unas nociones sobre el átomo.

El vocablo "átomo" como tantos otros en uso cotidiano, se utiliza ahora erróneamente. Procede del Griego y quiere decir una cosa que no puede cortarse ni dividirse, es la partícula más pequeña de la materia.

La radiactividad es la desintegración automática de los átomos inestables. Esta desintegración automática ocurre como hemos visto, en la naturaleza, pero también puede ser inducida por el hombre, y las sustancias radiactivas resultantes tienen también importantes aplicaciones en trabajos de índole científica e industrial.

Los isótopos son formas variantes de un elemento, y tienen idénticas propiedades químicas pero no físicas muchos de los que no se dan en la naturaleza, han sido creados en el laboratorio; en los isótopos estables su núcleo atómico no cambia, solo con la acción de una fuerza externa, y los isótopos inestables son los radiactivos.

Toda clase de radiación puede detectarse debido a los efectos que ejercen sobre la materia que atraviesan y por tanto se puede adaptar salvaguardas para proteger a las personas que trabajan cerca de fuentes de radiactividad controlada.

Rutherford decía "Si fuera posible alguna vez controlar a voluntad el régimen de desintegración de los elementos radiactivos se po--

dría obtener una enorme cantidad de energía de una pequeña cantidad de materia". (9)

Actualmente podemos conseguir que el uranio rinda tanto como millares de veces su propio peso en carbón y, a su debido tiempo, podremos llegar a plena potencia en su aprovechamiento. (10)

La diferencia en el caso de una central nucleoelectrónica y una termoeléctrica que consume carbón o hidrocarburos (diesel, combustóleo, gas, etc.) es solo el horno o caldera donde se quema el carbón o hidrocarburos que es sustituido por un reactor atómico, en el cual se efectúa la fisión controlada.

Los reactores pueden ser de dos o tres componentes principales y están rodeados por un blindaje que proteja a los operarios contra radiaciones dañinas. Un sistema que funciona con combustible, moderador y refrigerante, se denomina reactor termal, porque el moderador detiene o modera la velocidad de los neutrones recién producidos a velocidades termales (o lentos) con lo que se aumentan considerablemente las posibilidades de que choquen, y se dividan más átomos del isótopo fisible uranio 235 convirtiéndose en combustible de uranio natural y de esa forma mantener la reacción en cadena.

-
- (9) Lord Rutherford (Padre del Atomo) "La Gran Bretaña Utiliza el Atomo" Central Office of Information, Londres, No. 13. 1963. Pág. 10.
- (10) Ralph E. Lapp "El Atomo Logros y Perspectivas" Mexicanos Unidos. 1965. Pág. 73.

Un sistema a base de combustible y refrigerante solamente, se llama un reactor rápido. En este caso, el combustible es un material - fisil casi puro, y la reacción es controlada insertando y extrayendo combustible del Alma del Reactor.

E) OTRAS FUENTES

Existen otras fuentes de energía que no se han desarrollado a escala comercial, por lo cual aún resulta incosteable su aprovechamiento, entre los cuales está la energía solar, que está presente en cantidad suficiente en la tierra para satisfacer todas las necesidades de energía, aunque sucede igual que con los combustibles fósiles, su disponibilidad práctica está limitada a ubicaciones concretas, puesto que la radiación solar depende de la distancia con respecto al ecuador, de la posición de la tierra con respecto al sol y de la nubosidad. La captación es factible a través de dos métodos, basados en espejos solares y las conversiones posibles mediante máquinas térmicas (conversiones termoiónicas fotovoltaicas,^{*} o reactores fotoquímicos.)^{*}

La energía solar no requiere, de transporte, de combustible ni almacenamiento de electricidad, porque puede producirse en pequeños generadores eléctricos en el mismo sitio donde se vaya a consumir la electricidad.

Farrington dice: "La energía solar no es algo asarozo; es seguro que funciona y no contamina. Se ha demostrado que la energía solar calentará, enfriará, generará energía eléctrica para diversos fines, el problema consiste en hacerlo de forma eficiente, competitivamente barata -

* Procesos Químicos de Transformación de Energía Térmica a Eléctrica.

con respecto a las otras formas de generación eléctrica." (11)

La energía solar es ventajosa y no contamina porque su producción no está asociada a un proceso de combustión y no presenta peligro su manejo o su almacenaje.

Se ha calculado que la energía que emite el sol durante media hora, es mayor a la que el hombre usa todo un año.

Pero este aprovechamiento de la energía solar no es totalmente gratuita; su transformación en energía útil involucra elevados costos de inversión inicial y su desarrollo representa una etapa costosa hasta el momento donde los prototipos construidos son tan reducidos que no permiten tener un conocimiento real de costos.

Es claro que aún se necesita mucha investigación básica en ciencia y en ingeniería antes de que la energía solar tenga éxito en la competencia con nuestras fuentes actuales de energía; pero también es evidente que se ha investigado ya mucho, por lo que parece probable que en los próximos años veamos como se utiliza la energía solar en muchos lugares del mundo con gran cantidad de sol y poco combustible.

"La necesidad de la energía eléctrica es tan importante que ningún precio es demasiado alto". (12)

La energía solar es una fuente cargada de esperanzas, espe

(11) Farrington Daniels. "Uso directo de la Energía Solar" Ed.H. Baum Argentina, 1978, Pág. 4.

(12) *Ibid*: 15.

cialmente en las zonas rurales y soleadas, aunque aun no se puede competir con fuentes convencionales de energía.

Otra es el aire, que es y ha sido una fuente de energía que el hombre ha aprovechado en diferentes formas, lo ha usado para mover barcos de vela, ha extraído agua y ha molido grano, pero en el futuro los molinos de viento, pueden convertirse en una importante fuente de energía eléctrica, aunque tiene el inconveniente de que las turbinas de viento deberán ser ubicadas cuidadosamente, para evitar dificultades, ya que el ruido que producen ha sido objetado, y en grandes cantidades pueden producir interferencia en las comunicaciones.

La Marea Motriz donde el mar fuente inagotable de fuerza - ondulante que cubre el 70.8% de la tierra, lo más evidente es la fuerza del viento y de la marea. La marea con sus idas y venidas dos veces al día - mantiene en constante movimiento infinidad de millones de toneladas de agua. Esta energía también debe ser aprovechada.

Se denomina marea a la fluctuación periódica del nivel de los océanos, lagos y mares provocadas por la atracción gravitatoria de la luna y el sol, además de la fluctuación horizontal del nivel de los mares existen otras fluctuaciones rítmicas en forma de corrientes de mares.

Supongamos un Estuario a una gran escala y vamos a cerrar por medio de un dique provisto de una compuerta, cuando sube la marea se abre la compuerta y el embalse se llena; este se vaciará con la marea descendente, y nada nos impide utilizar el flujo de salida para hacer girar

una rueda o turbina de baja presión, tipo Kaplan, de hélices suspendidas, recíprocamente se puede utilizar el efecto del llenado aunque el suministro de energía sea menor.

CAPITULO II

IMPORTANCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA

A) COMO MEDIO PARA LA CREACION DE POLOS DE DESARROLLO

Un país en vías de desarrollo, como lo es México, se ve en la urgente necesidad de crear polos de desarrollo en las regiones - que se encuentran en un completo atraso, teniendo como base principalmente los planes regionales, que utilicen el gran potencial de recursos, hasta hoy no aprovechados, con el objetivo de disminuir las diferencias de desarrollo entre regiones.

"Los polos de desarrollo existente han tenido un crecimiento natural y por ello las fuerzas económicas y sociales han determinado a veces en forma anárquica, el crecimiento del país." (13)

Como sucede en el Valle de México que ya no cabemos y los recursos naturales se agotan, y se hace irrespirable la atmósfera por la concentración de industrias.

México como país necesita una urgente desconcentración, ya que no puede crecer sana y equilibradamente si no se establecen los polos de desarrollo que demanda el país, los cuales deben ser estudiados y planeados para que su aprovechamiento sea el máximo posible. En estas transformaciones, la electricidad es un factor de producción y desempeña un papel de primera magnitud, al grado de que se puede decir que no es posible concebir el adelanto social, tecnológico, científico

(13) Lic. Andrés Caso. "Temática Económica, Política y Social." México, 1974, Vol. I No. 1. Pág. 57.

y económico sin la electricidad.

De ésta manera, la electricidad se ha convertido en un poderoso factor de desarrollo estratégico que proyecta el crecimiento de la industria y el mejoramiento de los servicios y el bienestar social.

Es la electricidad la que promueve a todos los niveles - la formación de nuevas actividades, el desarrollo de proyectos prácticos y el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

La planeación tiene por objeto la obtención de los recursos, satisfacer las necesidades materiales y culturales de la población, toda vez que siendo las necesidades múltiples y limitados los recursos - disponibles, estos deben ser aprovechados racionalmente y es donde se pone de relieve la importancia que tiene la energía eléctrica dentro de las actividades económicas en general.

La planeación del desarrollo económico y social es una - de las tareas más urgente, cuya responsabilidad corresponde al Gobierno Federal, y de esta manera eliminar o por lo menos aligerar el grave problema de la concentración industrial que debe resolverse a través de una política de desarrollo regional, persistiendo en la creación de parques, zonas y complejos industriales que permitan la formación de polos de - desarrollo. En consecuencia, la industria eléctrica, debe expandirse - para desarrollar los aspectos sectoriales que desde el punto de vista nacional, conyenga a las regiones económicas y zonas de desarrollo,

Difícilmente podríamos aspirar a la modernización de los

métodos de producción, la creación de nuevas industrias o de crear polos de desarrollo sin contar con la seguridad de un desarrollo de la industria eléctrica, que satisfaga las necesidades cada vez mas amplias y especializadas de la vida moderna del país.

Los nuevos polos de desarrollo deben ser creados para el desarrollo de industrias que tengan beneficios o aprovechen los recursos naturales de la región y de ahí obtengan su materia prima, o la tengan cercana para evitar grandes traslados de materias primas de unos lugares a otros y eviten así el costo del transporte.

La energía eléctrica ha sido un factor fundamental en la transformación de las actividades económicas, gracias a su uso intensivo y extensivo fué posible incorporar procesos de producción más complejos, sustituir importaciones, alentar y consolidar nuevos polos de desarrollo y dotar a la población de un servicio indispensable para superar sus niveles de vida.

La planeación económica y social a nivel regional, se encuentra íntimamente vinculada a la planeación económica nacional, es decir, los planes globales, sectoriales y regionales no son incompatibles, sino que los planes globales tienen que subdividirse por sectores, ya que no tendría todo el sentido práctico necesario para llegar a estimar las exigencias totales de crecimiento asociados a determinados objetivos, sino se establece en que tendrá que contribuir los distintos sectores.

Los planes sectoriales tienen que incorporar criterios - sobre la localización geográfica de las acciones que comprende y en consecuencia también los planes regionales pueden verse como integrantes del plan global, es decir al aplicarse los programas, planes y proyectos de desarrollo económico, necesariamente deben considerarse las regiones en - que se haya dividido el país.

Definiendo con claridad que la energía eléctrica no constituye un objetivo en sí, sino una palanca de desarrollo ya que la oferta del fluido eléctrico debe ser suficientemente anticipada para evitar estrangulamientos en los sectores que dependen de ella.

B) LA ELECTRICIDAD EN LA AGRICULTURA.

Es para todos conocido que el campo ha contribuído sin reservas al desenvolvimiento industrial; hoy la industria tiene que contribuir mas que nunca a resolver los problemas del campo.

En la actualidad cuando existe escasez de alimentos a nivel mundial, México no es la excepción, y es la industria eléctrica un elemento fundamental para resolver este grave problema dándole mayor prioridad a la electrificación rural.

Al decir electrificación rural nos referimos a la relación entre una industria y el campo. Es una industria de servicio público esencial, pero no equivale a las relaciones de todas las industrias, ni de toda la economía con el campo. La electrificación rural es una de las políticas que concurren al desarrollo rural, es complementaria en un conjunto para lograr mayor bienestar y productividad, integrando el desarrollo rural al desarrollo de la nación.

Si la electrificación rural, se concibe de esta manera, ayuda al bienestar familiar, en la salud, en el riego, en la conservación y la transformación de cosechas y productos, en la minería, en la pesca, en la utilización racional de los bosques, en la organización de las industrias rurales, la elevación de la producción agrícola, la creación de caminos, escuelas, en la introducción de servicios municipales como el agua potable, drenaje y otros aspectos del campo que deben tomarse en cuenta.

Solo las carreteras y los caminos vecinales son capaces de igualar el efecto integrador y unificador de la electricidad. (14)

La electrificación rural también es un medio para contener el éxodo de los campesinos a las ciudades, dotándoles a sus comunidades medios de vida suficientes para su progreso.

Es necesario garantizar un suministro confiable y económico de la energía eléctrica en el medio rural. Ello permitirá aumentar la producción agropecuaria al ampliarse la capacidad de bombeo de agua para irrigación, alentar el desarrollo de pequeñas industrias y establecimientos comerciales, aumentando por tanto, las posibilidades de empleo en estas áreas. Asimismo, ayudará a satisfacer mínimos de bienestar de grupos hasta ahora marginados.

El logro de estos objetivos supone racionalizar los programas de electrificación rural y darles un mayor apoyo, conforme a las directrices del sistema alimentario mexicano.

Por su versatilidad, alto rendimiento y capacidad para llegar a cualquier parte, la energía eléctrica constituye el motor más eficaz para transformar el nivel de vida de grandes áreas de población muy particularmente de aquellas, que como la rural ofrecen cuadros de marginación socioeconómica.

(14) Conclusión del III Congreso Latinoamericano de Electrificación Rural. C.F.E. México. Pág. 40.

En el campo donde viven aproximadamente la mitad de los mexicanos que generan una gran parte de nuestra riqueza, ahí se producen los alimentos y un gran porcentaje de los productos que se exportan. Y además es el campo el que ha soportado el crecimiento de las grandes ciudades y el desarrollo industrial y a pesar de ello, es ahí, donde se siguen padeciendo las mayores carencias.

Corresponde a la electricidad jugar un papel preponderante, por las múltiples aplicaciones de que es susceptible, pues el impacto de este energético sobre las comunidades rurales, cuando es debidamente aprovechado, permite mejorar sus relaciones sociales y productivas.

Es difícil una definición de lo rural que satisfaga completamente la diversidad de un país como México, desde luego, lo rural latinoamericano, poco o casi nada tiene que ver con lo rural de Estados Unidos, y de otros países, tampoco es igual rural y subdesarrollado. La asepción más general de lo rural comprende, todo lo que no es de mediana y gran ciudad, para los fines prácticos de nuestro servicio público de electricidad.

Por lo que toca a la producción agrícola, existen posibilidades considerables de aumentar las superficies cosechadas y de elevar la productividad por hectaria, como se señala en los documentos que sirven de base al sistema alimentario mexicano,

Asimismo de acuerdo con el plan nacional hidráulico, hay suficiente tierra y agua en México, para garantizar a largo plazo la -

autosuficiencia en materia de alimentación.

La energía eléctrica es un elemento previo y fundamental para el desarrollo de la producción de un país y la elevación de los niveles de vida y de sus habitantes.

La energía es un factor básico que influye decisivamente, en el desarrollo económico, estimulándolo en la medida de su disponibilidad, su gran variedad de uso permite utilizarla como factor de la producción o como bien de consumo. (15)

Como bien de consumo directo su demanda depende del nivel de ingreso de la población. En la medida en que este aumenta, la población está capacitada para adquirir toda una serie de artículos de la vida moderna, para cuyo uso se requiere de la electricidad.

El desenvolvimiento de los medios de comunicación, el bombeo eléctrico de las aguas de riego y de otras tareas auxiliares de la agricultura, la primera transformación de productos agropecuarios, el aligeramiento de ciertas tareas domésticas, el aprovechamiento socialmente útil de las horas en que falta la iluminación solar, depende o se facilitan grandemente con la introducción de la energía eléctrica.

El desarrollo de las fuentes de energía es una de las condiciones indispensables para mantener y acelerar el crecimiento del país.

(15) Conclusión del III Congreso Latinoamericano de Electrificación Rural, C.F.E. México. Pág. 40.

La obra electrificadora del campo se caracteriza por ser eminentemente social sin fines de lucro.

Promover la electrificación en la explotación agropecuaria, destacándose la importancia entre otros; del riego, la industria y el manejo de cereales. Impulsar el riego a través de la electrificación rural, es uno de los primeros efectos que buscan los programas orientados hacia el campo, de aquí se derivan otras economías.

La necesidad de llevar el servicio eléctrico al campo en forma amplia y eficaz, plantea problemas educacionales concretos, no circunscritos sólo al ámbito de los estudios técnicos de la electroter--
mia, sino también a las disciplinas socioeconómicas agropecuarias y otras.

Los campesinos desean nuevas fuentes de trabajo, medios para transformar industrialmente el producto de la tierra, a partir de la electrificación.

C) LA ELECTRICIDAD EN LA INDUSTRIA

La electricidad es un factor muy importante para la industria desde la época de la revolución industrial, le dió un nuevo impulso y aceleró el proceso de mecanización, no solo de las manufacturas y del transporte, sino también de la agricultura.

En la actualidad la energía eléctrica es una necesidad vital para el funcionamiento de la sociedad moderna, en la industria, la agricultura, la minería y los medios de difusión ya que dependen en gran proporción de ella. Se ha demostrado que una restricción o un deficiente servicio eléctrico, provocan estancamiento en el crecimiento de la región afectada, ocasionando pérdidas cuantiosas en la producción siempre superiores al valor de la energía no suministrada. Es decir, el enfoque que se le dá a la electrificación, es el de un elemento infraestructural para el desarrollo industrial, ya que la disponibilidad de energía constituye incentivo para el establecimiento de industrias.

Los aumentos en la producción industrial, son en gran parte consecuencias de un fenómeno paralelo, ocurrido en la industria eléctrica, como lo apunta Jesús Brito, "En las economías modernas, una mayor eficacia y productividad, están siempre ligadas al incremento cada vez mayor de la oferta del fluido eléctrico". (16)

(16) Jesús Brito, "Sirviendo a México". No. 13. C.F.E. México, Pág. 58.

El uso de la energía eléctrica representa un papel fundamental en todas las fases del desarrollo económico por su naturaleza especial, la electricidad no es sólo un factor imprescindible, sino determinante de las características e intensidad del desarrollo industrial.

La electricidad es un factor de desarrollo industrial, pero es conveniente aclarar, que el costo de la energía eléctrica representa un porcentaje pequeño en los costos de producción de diversas actividades industriales, pero sí es un elemento infraestructural clave, sin el cual no puede funcionar adecuadamente una política de industrialización, ya que su carencia originaría serios obstáculos.

El programa de energía emerge del plan nacional de desarrollo industrial, dentro del marco establecido por el plan global de desarrollo. En el ámbito nacional interactúa principalmente con el programa nacional de empleo, con el sistema alimentario mexicano y con el plan nacional de desarrollo urbano, con los que mantiene unidad de propósitos y políticas.

El objetivo principal del programa de energía es apoyar el desarrollo económico nacional, ello implica en primer lugar expandir la producción de energéticos en función de las necesidades de crecimiento equilibrado que el plan nacional de desarrollo industrial trata de llevar a cabo, a través de subsidios de precios preferenciales de energía eléctrica, combustible y materias primas petroquímicas, a las nuevas plantas que se establezcan en zonas geográficas prioritarias del desarrollo industrial.

En el caso particular de la electricidad, la política de tarifas que propone el programa tiene como uno de sus objetivos, resguardar el poder adquisitivo de los consumidores de bajos ingresos, y ofrecer cierto grado razonable de protección a la industria a través de costos - menores, a los internacionales de este insumo.

La electricidad es un factor de promoción y desarrollo de la industria y una de las fuentes más importantes para el desarrollo económico y social del país. (17)

Como tal debe utilizarse la energía eléctrica para orientar el desarrollo industrial ya que en la actualidad ese debe ser el papel del estado, como promotor de este desarrollo, es de suma importancia la - creación de industrias destinadas al aprovechamiento de los recursos naturales en cada región, es el instrumento clave de la política estatal de - promoción industrial.

(17) *Sierviando a México*, No. 18. C.F.E, México. Pág. 18.

D) LA ELECTRICIDAD EN LOS SERVICIOS PUBLICOS Y PRIVADOS.

La importancia de la energía eléctrica en los servicios - tanto públicos como privados es indiscutible, es por ello un factor vital, no solo para el progreso humano, sino también para su salud y bienestar.

El fluido eléctrico en los servicios públicos se manifiesta en el alumbrado nocturno de las calles y avenidas, en el servicio de - transporte como el metro, los trolebuses, para suministrar agua potable, - iluminación en las escuelas, etc.

La electricidad llega al laboratorio, al taller, a la mina, al teatro y al hogar. Por lo que es innegable que la expansión de los - servicios eléctricos ha sido determinante en el ritmo de crecimiento de la economía nacional y en el mejoramiento de las condiciones de la vida de la población.

En forma sorprendente y dramática, la electricidad proveyó a las múltiples necesidades del hombre, economizándole esfuerzos en la - fábrica, facilitándoles medios más rápidos de transporte, impartiendo a la comunicación de la palabra casi a la velocidad del pensamiento, aligerando faenas en el campo, brindándole nuevas posibilidades de confort, de higiene, de distracción y de seguridad. (18)

(18) Ernesto Galarza "La Industria Eléctrica en México", F.C.E. 1941, México, Pág. 179.

La energía eléctrica siempre está presente en cualquier servicio ya sea de índole social o privado, ya que cualquier industria que se dedique a la prestación de servicios tiene como insumo primario la electricidad, ya sea en las escuelas donde se usa para el alumbrado, en el comercio para hacer funcionar las máquinas registradoras e iluminación de aparadores, en los bancos, en las comunicaciones, en la medicina, en la investigación, en el transporte, en fin, no hay industria que no precise del fluido eléctrico. Pero su uso cotidiano casi mecánico nos hace olvidar a este factor y sólo cuando ocurre alguna suspensión del servicio eléctrico ya sea programado o por una falla no previsible, sólo entonces se puede apreciar en todas sus formas la importancia de la energía eléctrica y donde algunas instituciones prestadoras de servicios no pueden prescindir del fluido eléctrico por lo que se ven obligadas a tener plantas de emergencia de por vida, por solventar cualquier contingencia imprevista como es el caso de los hospitales, el metro, etc. En fin, la electricidad juega un papel muy importante en los servicios públicos y privados y cada vez se van haciendo más sofisticados pero son necesarios para el confort y bienestar social.

La electricidad signo de nuestra época, ocupa un importante lugar en la medicina. Los departamentos de fisioterapia, electrocardiografía, electroencefalografía son considerados hoy esenciales, en los hospitales y clínicas, para obtener diagnósticos precisos y tratar en forma adecuada, gran número de enfermedades. (19)

(19) Jesús Brito "Sirviendo a México" C.F.E. México, No.13 Pág. 27.

La radiación tiene aplicaciones mas extensas que la electricidad en sí, sin embargo, la electricidad se emplea para generar rayos X, rayos ultravioletas y rayos infrarojos que son las formas de radiaciones - utilizadas en la medicina. (20)

La electricidad debe de llegar a todos los rincones del territorio nacional en beneficios, lo mismo en forma de alumbrado y energía - para hacer mas grata la vida de un gran número de mexicanos, haciendo funcionar toda una extensa gama de aparatos, de carácter doméstico o de servicio público urbano, que como energía eléctrica es capaz de mantener en movimiento la actividad industrial, en un país que cada día, por razones de su propio crecimiento demográfico y económico plantea mayores demandas del flujo eléctrico al organismo (C.F.E.) encargado de generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica. (21)

(20) Programa Nacional de Uso Racional de la Energía Eléctrica, Año I, - No.1 Junio 1981, C.F.E. México, Pág. 25.

(21) IBID: 26.

CAPITULO III

LAGUNA VERDE, UN PRIMER INTENTO.

A) LA ENERGIA NUCLEAR EN MEXICO.

Para la gente que no tiene vínculo alguno con el tema y esto es más patente en países como el nuestro que apenas están entrando a la "Era Atómica", existe el hecho de identificar a la energía nuclear - con la bomba atómica.

Pero un reactor nuclear no es una bomba y desde el punto de vista físico es imposible que el reactor de una central nuclear, explote como una bomba atómica.

La energía nuclear para México, ya es una necesidad y un reto que debe de afrontar para satisfacer la demanda creciente del fluido eléctrico. La energía nuclear no es una fuente simple de energía, pero es la única fuente capaz de contribuir de manera significativa en la oferta energética.

La explotación y la exploración de los minerales para la fabricación de combustibles nucleares se encuentran en México, como en muchos otros países en una etapa inicial de desarrollo y aunque las reservas totales disponibles se desconocen, se considera que existen reservas suficientes para satisfacer las demandas de energía, durante varias décadas.

Como lo apunta Juan Elbenschütz: No es una fuente simple, porque involucra radiación y requiere procedimientos especiales y medidas de seguridad que la hacen diferente de las plantas eléctricas convencionales, obligando a contar con procedimientos específicos y a capacitar -

personal para operarlas. Sin embargo, en términos económicos, la energía nuclear es actualmente, en la mayoría de los lugares, la solución de menor costo para producir electricidad. (22)

Un objetivo claramente definido en el Sector Eléctrico, es la necesidad de clasificar las fuentes primarias de energía. En este sentido, con la puesta operación de las dos unidades de Laguna Verde, prevista para 1983 y 1984, y con una unidad más que se pondrá en marcha antes de que termine el decenio, México contará en 1980 con una capacidad Nuclear eléctrica del orden de 2,500 MW, con éstas plantas y otras mas, como reconoce expresamente el Programa Nacional de Energía, cuya construcción se iniciará durante los años ochenta's se preparan las primeras generaciones de técnicos mexicanos en este campo.

Los planes son ambiciosos. Las metas prevén contar para fines de siglo con una capacidad nuclear de 20,000 MW. Con este propósito, el país ha comenzado a desarrollar, desde hace ya algunos años, una infraestructura que permita afrontar el desafío. Ejemplos de ello son las Instituciones como la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardia, Uranio Mexicano, y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (I.N.I.N.)

Por su parte, el Instituto de Investigaciones Eléctricas a solicitud de la Comisión Federal de Electricidad, está colaborando en

(22) Investigación Económica 148-149 Abril-Septiembre. 1979. Vol. XXXVIII, Pág. 150.

este esfuerzo, especialmente en aspectos vinculados a seguridad nuclear y simulación. Además, la capacidad desarrollada en la fabricación de equipo especial y en materiales, entre otras áreas, podrá ser aplicada en su oportunidad en el Programa Nuclear.

B) REACTOR DE LAGUNA VERDE DE C.F.E.

La Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde, es del tipo de reactor de Agua Ligera (hirviente) con capacidad de 1931 MW térmicas, que utilizarán uranio enriquecido, impulsará dos turbogeneradores de 675,000 KW para una capacidad total de 1'350,000 KW.

Las plantas nucleares con este tipo de reactores han sido probadas como instalaciones seguras y eficientes en su operación, pero aún así se continúa su desarrollo tecnológico por medio de nuevos y estrictos requerimientos de seguridad y de diseño que en muchos casos tienen efectos en los costos y programas. Por otra parte, se busca el desarrollo comercial de los nuevos tipos de reactores rápidos de crfa con una mayor eficiencia y un diseño más avanzado.

La localización de la planta es a 80 Km., al norte de la ciudad de Veracruz, sobre el Golfo de México, se tomó en consideración importantes aspectos socioeconómicos, técnicos, ecológicos, habiéndose evaluado en forma especial la seguridad de la zona, la densidad de población, las características geológicas y sísmológicas de la región y del sitio con especiales y muy estrictos requerimientos, el acceso por mar para componentes de gran peso y tamaño y la disponibilidad de grandes volúmenes de agua del orden de $60 \text{ m}^3/\text{seg}$, para disipación de energía térmica, la interconexión con los sistemas eléctricos del norte, oriente y occidente, los fenómenos meteorológicos, incluyendo lluvias, ciclones, maremotos e inundaciones, así como las condiciones de difusión atmosférica y las condiciones

ecológicas de los sistemas de vida marina, vegetal y animal con el objeto de no afectar el medio ambiente y mucho menos la población.

La planta está diseñada para resistir o en su caso parar su generación por circunstancias fortuitas del orden de fenómenos físicos como podría ser un sismo o por fallas humanas, contra colisiones de aeronaves, de proyectiles impulsados por vientos o ciclones y proyectiles generados por ruptura de equipos rotatorios, para un paro seguro de la planta en condiciones de carencia de agua por fenómenos catastróficos y aislamiento total de los sistemas eléctricos y fallas humanas de operadores incluyendo daños intencionales a los sistemas de seguridad.

Debido a la carencia de recursos técnicos en la cantidad y con la experiencia necesaria y por ser el primer proyecto de esta naturaleza en el país, el diseño se dió a ejecutar en su mayor parte a una compañía extranjera a la cual por incumplimiento en sus compromisos de programa y costos presupuestados, se le canceló el contrato continuándose este diseño con una mayor participación nacional, ésta es una de las causas del actual retraso.

En esta obra los materiales y equipos especialmente nucleares, eléctricos y mecánicos, la participación nacional es casi nula, a excepción de los materiales y el acero de refuerzo para la obra civil.

Se han producido por primera vez en México, materiales con garantía de calidad para construcción de estructuras nucleares, cumpliendo con los requerimientos más estrictos del mundo, tales como acero de refuero.

zo de gran diámetro, conectores mecánicos, cemento tipo II y varilla de diversos calibres.

En su construcción se colocarán $200,000 \text{ M}^3$ de concreto, 70,000 ton., de acero de refuerzo, equipo cuyos componentes en una sola pieza son superiores a 500 ton., implicando difíciles actividades de características únicas por primera vez realizadas por la Comisión Federal de Electricidad y en el país.

El manejo y descarga del recipiente a presión del reactor, la mayor pieza manejada por la Comisión Federal de Electricidad, con peso de 550 ton., maniobras que para lograrse exitosamente exigieron una cuidadosa coordinación, planeación y verificación de facilidades, equipos, rutas, muelles y personal.

Como medio de seguridad se establecen barreras de contención de radiactividad que comprenden desde el encamisado del combustible, el recipiente a presión del reactor, contenedores primarios y secundarios del edificio del reactor, una zona de exclusión de 700 mts., de radio en el terreno de la planta, hasta una zona de control de baja población en un radio de 15 Km., sobre los que fácilmente se pueden aplicar medidas de seguridad en el remoto caso de que esto fuera necesario.

Se puede afirmar que esta planta está siendo construída para operar en condiciones de seguridad similares y en muchos aspectos mejores a las plantas más seguras existentes.

El tipo de reactor más sencillo de concepción y de realiza

ción, es el reactor de agua en ebullición. El agua natural debidamente purificada, se utiliza como moderador y como refrigerante; el combustible debe ser uranio 238 enriquecido con uranio 235, pues con el uranio natural no puede producirse la reacción en cadena, el agua hierve en el mismo reactor, y el vapor producido se introduce directamente en la turbina de vapor, que acciona un generador eléctrico, el vapor sale de la turbina, pasa por un condensador donde se transforma nuevamente en agua líquida y se reinyecta después al reactor por medio de una bomba centrífuga.

El vapor producido directamente en el reactor es radiactivo, por lo tanto la protección biológica a base de hormigones especiales y de plomo, es necesario en todos los reactores nucleares, y debe extenderse a todo el circuito de agua, que comprende la turbina de vapor, el condensador, la bomba centrífuga y las tuberías correspondientes. Este es el mayor inconveniente de este reactor, pues se hace difícil la revisión y reparación del circuito de agua. El reactor de agua hirviente es hasta - - cierto punto autoregulado cualquier aumento accidental de temperatura provoca disminución de la energía producida entre otras razones por la formación de burbujas de vapor. Esto es una ventaja de este tipo de reactores,

C) UNA MEDIDA POLITICA ECONOMICA.

Los estudios a largo plazo concluyen que la energía nuclear será imprescindible para el crecimiento de la actividad económica mundial, sobre todo en aquellos países cuya situación exige un desarrollo relativamente importante como el caso de México.

Es imposible que se piense en el aprovisionamiento del fluido que el país necesite, sin hechar mano de la tecnología nuclear, en la que el mundo contemporáneo contempla una solución lógica, a pesar de que los sectores retrógrados piensan que la sola palabra "Nuclear" trae consigo muerte y destrucción. Claro, un elemento tan peligroso, requiere de máxima vigilancia, de extremas precauciones, de eficacia comprobada, pero para ello contamos con el aparato adecuado, la propia Comisión Federal de Electricidad, donde han podido crear cuerpos de alta calidad científica.

La producción de electricidad mediante la utilización de reactores es en la actualidad mas barata que la producción por medio de plantas termoeléctricas y dado que por una parte, los costos de exploración y explotación de los combustibles fósiles son cada vez mayores y por otra parte que la tecnología de las plantas nucleoelectricas está evolucionando rápidamente, puede esperarse que este medio de generación de electricidad llegue a ser considerablemente más económico que los medios convencionales actualmente usados.

La energía nuclear en el suministro energético futuro, es -

aceptada por todos los que trabajan o casi todos en planeación a largo plazo, como ejemplo, en el Informe de la Comisión de Conservación de la Conferencia Mundial de Energía (23) se concluye que es necesario desarrollar todas las formas de energía primaria. Al establecer un "potencial de producción de energía primaria" se supone que se requieren 488 exa joules en 1985 y 1000 para el año 2020; de ésta última cifra se calcula que el 31% deberá ser de origen nuclear, en tanto que para 1985 únicamente deberá ser de 4.7% de la energía total.

Por otra parte, México está condenado a quemar su petróleo en la medida en que se retrase aún mas el plan nucleoelectrico, del cual - no se han sentado las bases necesarias para que la nación ingrese a la era nuclear.

El retraso en el plan nucleoelectrico tiene diversas implicaciones, que van desde el retraso en el desarrollo tecnologico del país, que garantice su independencia en esta materia, hasta el hecho de que la - demanda de energía crece aceleradamente y su satisfacción va en detrimento, de las reservas petroleras con que cuenta el país.

Si se retrasa el desarrollo de tecnologías y la capacitación del personal, se tendría que acudir a la importación total de equipos y técnicas, lo que va en contra del desarrollo del país. Por otra parte, esto traería como consecuencia el que no se tuviera una industria nuclear

(23) World Energy. Looking Ahead to 2020. Report by the Conservation Commission of the World Energy Conference.

independiente.

En este contexto la instalación del centro de ingeniería de reactores, adquiere importancia ya que por medio de él, se pretende desarrollar tecnologías y capacitar personal suficiente, de aquí a fines de siglo, para operar 20 mil megavatios nucleoelectrónicos.

Alberto Escofet Artigas, Director de la Comisión Federal de Electricidad, indicó que cualquier retraso en el programa irá contra los intereses nacionales, pues el país tendría que seguir quemando petróleo para generar energía eléctrica y es preciso que el programa de generación de energía eléctrica de México será nacionalista, programático y que solo responda a las necesidades e intereses del país.

Fuerzas antagónicas se disputan la posesión del instrumento extraordinario constituido por el átomo y su energía inagotable. Están en juego todos los intereses: Políticos, Militares, Financieros, Públicos, Privados, de razón de Estado, Diplomáticos; están implicados todos los componentes humanos; la seguridad, la salud, el equilibrio natural, la investigación, la previsión social, el progreso, la moral, el futuro de las generaciones venideras.

D) COMO DEFENSA O PREVISION AL AGOTAMIENTO DE LOS
COMBUSTIBLES FOSILES.

Los hidrocarburos representan el 90% de los energéticos primarios y nuestras reservas nos aseguran una suficiencia para satisfacer nuestras necesidades hasta los primeros años del próximo siglo, pero por otra parte debemos prepararnos para la declinación de dichas reservas que se estima que, a nivel mundial se iniciará hacia el año 2000.

Es necesario ir reduciendo la dependencia excesiva que actualmente se tiene de los hidrocarburos como fuente de energía y precisamente el sector eléctrico es el que puede contribuir en mayor medida a esa reducción, desarrollando el uso de otros energéticos.

Se debe encontrar la combinación obtenida de las diferentes tecnologías de generación, disponibles en el presente o en el futuro previsible teniendo en cuenta la disponibilidad de distintos recursos energéticos, los costos de capital, los costos de operación y los de transmisión.

Es necesaria la planeación de los sistemas eléctricos, para establecer y pronosticar a largo plazo el desarrollo del mercado de energía eléctrica, así como un conocimiento de los recursos energéticos de que se dispondrá para satisfacerlo.

Para la elaboración de planes a largo plazo se toman como factores de mayor peso, el crecimiento de la población y el producto

Nacional Bruto.

Para los años 1991-2000 en que se llega al límite del desarrollo posible del carbón y de la energía hidráulica, la energía nuclear aparece como única alternativa disponible contra una utilización intensiva de los combustibles derivados de los hidrocarburos para la generación de energía eléctrica.

Además mediante un proceso de enriquecimiento, el torio también puede transformarse en un combustible nuclear útil; así el hombre tiene a su disposición ambos minerales; el uranio y el torio.

Las existencias mundiales de combustible nuclear que posee la corteza terrestre, son positivamente enormes. Hay aproximadamente diez millones de toneladas de este preciado material dispuesto para su explotación (equivale a 20 billones de toneladas de carbón de piedra). El hombre utiliza sus combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) en proporción cada vez mayor, para satisfacer las demandas, de una creciente población y una dinámica económica industrial. Hubo un tiempo en que las reservas del carbón y de petróleo parecían satisfacer ampliamente las necesidades humanas. Pero ahora el mundo consume quinientas veces más combustible que hace un siglo, y bien pronto el consumo se duplicará, triplicará y continuará subiendo. Sabemos, desde luego, que las reservas de petróleo son limitadas, y no se necesita ver mas allá del fin del siglo actual, para pronosticar un déficit en nuestro consumo de combustibles líquidos. (24)

(24) Ralph E. Lapp. "El Atomo, Logros y Perspectivas". Edit. Libreros Mexicanos, México. Pág. 183.

La comparación objetiva entre efectos ambientales de la energía nuclear y las otras fuentes energéticas, ha favorecido consistentemente a la primera. Aún en el caso de la energía solar con la tecnología vigente, parece tener más efectos negativos para el medio ambiente que la nuclear, debido a la cantidad de material que debe ser procesado.

Los combustibles fósiles han sido producidos por la naturaleza mediante las transformaciones físicas y químicas que requieren millones de años.

Extraerlos y quemarlos requiere revertir estas reacciones en períodos de años.

Lo que el hombre está haciendo en unos años, es consumir lo que la naturaleza tardó millones de años en hacer.

Ultimamente han aparecido algunos pronunciamientos muy optimistas respecto a hidrocarburos no convencionales; yacimientos geopresurizados, hidratos esquistos, gas profundo. Y otras fuentes que deberían aparecer en el panorama energético; la pregunta es, cuando. Debido a la incertidumbre de estas nuevas fuentes de la planeación energética resulta una lotería, y dadas las implicaciones de un mal resultado, es imperativo jugar a la segura.

Tal vez es poco probable que la energía nuclear suministre un tercio de las necesidades totales de energía primaria del mundo dentro de 40 años, pero con los conocimientos disponibles hoy es factible afirmar que la energía nuclear puede tener esta participación, mientras que para muchas de las alternativas energéticas que se mencionan, la tecnología ni

siquiera está disponible, mientras estas nuevas fuentes, cuyo desarrollo - debe continuarse vigorosamente, se convierten en una realidad, la incorporación de la energía nuclear es imprescindible.

E) CONTRARRESTAR EL ATRASO EN ESTE CAMPO.

El programa nuclear de México debe estructurarse inmediatamente, porque de lo contrario sus objetivos podrían retrasarse, al no contar con el tiempo suficiente para preparar a los 100 mil elementos profesionales y técnicos que requiera el país en materia nuclear para el año 2000.

En este sentido, se ha señalado que debe establecerse una estrecha correlación entre el programa nuclear y las universidades a las que corresponderá formar a esos elementos.

A la fecha, la Universidad Nacional Autónoma de México, solo tiene contemplados, la maestría en Física y Química Nuclear, en tanto que la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad de Zacatecas, el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad de Guadalajara lo hacen a nivel de Licenciatura. (25)

Una parte indispensable que demuestra independencia en cualquier rama de la actividad económica, es la independencia de tecnología, sin ella el control que las transnacionales ejercen sobre la tecnología, se convierte en un instrumento de dominio aplicable a las demás esferas.

(25) Luis Bracamontes, Academia Mexicana de Ingeniería, Conclusión del Simposium sobre Expectativa de un Programa Nuclear en México,

Esto es especialmente cierto en la industria nuclear, no solo por tratarse de una industria nueva en nuestro país, sino ante todo por su amplitud, dado que implica instalaciones de gran magnitud y concurrencias de otras varias ramas industriales.

Para estar en condiciones de absorber y adaptar la tecnología existente en el campo nuclear, nuestro país requiere de desarrollo de tecnologías básicas. Es en función de ello que se requiere un centro de ingeniería de reactores aprobados en principio por la autoridad correspondiente desde el año pasado.

Diversas cuestiones han sido tomadas como pretexto para retrasar este proyecto, la mas reciente de ellas ha sido el supuesto daño que el centro causaría al medio ecológico del lugar en que se instale. Dado que el lugar, que sin ser el único posible, ha resultado ser el mejor según los estudios técnicos y sociales está cerca del Lago de Pátzcuaro, que es el embalse del cual se tiene mayor número de datos en México. (26)

Existen otros lugares, pero tienen una alta productividad agrícola por lo que conviene usar un lugar de pasto, que un lugar agrícola, ya que desplazaría a una gran cantidad de campesinos y un desarraigo de la población.

Las Investigaciones deben ser orientadas a lograr progreso

(26) Telegrama Político No. 448. Junio 10. de 1981, Editora e Impresora "MAJONA". México. Pág. 3E.

con preservación del medio ecológico y no frenar el progreso.

El mayor accidente nuclear ocurrido en la isla de las tres millas no hubo ningún muerto y ningún herido, lo cual da una idea de los márgenes de seguridad con que opera la industria nuclear, lo que hace incompatible el progreso técnico con las condiciones de seguridad para el medio de los trabajadores y para la población circundante, es la ambición de las empresas privadas por encima de las normas de seguridad y no el hecho mismo de que se dé el proceso de desarrollo científico y técnico.

Los riesgos inherentes a cualquier instalación, y en especial a los del lugar mencionado, dependen de las medidas de seguridad que se adopten. Los posibles riesgos deben dar lugar a las correspondientes medidas de seguridad, que existen y son efectivos si se ponen en práctica. Los posibles riesgos, pues deben traducirse en un diseño adecuado de las instalaciones del centro de ingeniería de reactores; pero no pueden ser puestos como pretextos para que éste siga frenado.

Lo anterior se ve confirmado por el "foro" Pátzcuaro estructura y dinámica de la zona Lacruste, que se llevó a cabo en el Colegio de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás, Hidalgo, con la participación de especialistas de las diversas instituciones que coinciden en la cuestión. Hubo consenso unánime incluidos los participantes que más habían objetado la instalación del centro, en el sentido de que "La construcción de un Centro de Ingeniería de Reactores, no implica la destrucción del ecosistema de Pátzcuaro", el cual sí se ve, en cambio,

amenazado por la deforestación, la contaminación con aguas negras y detergentes, etc.

Es indispensable que no se siga retrasando, ni con pretextos ya esgrimidos ni con otros nuevos que pudieran surgir, el trabajo encominado a contar con el Centro de Ingeniería de Reactores.

Es inadmisibile que mientras que otros proyectos que se encuadran en un esquema de creciente dependencia de nuestro país marchan aceleradamente, se congele este paso pequeño pero indispensable, hacia una industria nuclear más independiente y al servicio de la nación.

Una de las causas del atraso de la Planta Nuclear de Laguna Verde, fue el que el gobierno insistió en tener mayor participación en la construcción de la planta, mayor participación en los componentes para que fueran sustituidos por empresas nacionales y que por tanto el entrenamiento del personal local, como la entrega de partes, han prolongado el proceso de instalación de los reactores. La medida aparentemente ha retardado la entrada en servicio de la nucleoeléctrica, pero evidentemente fue una decisión sabia del gobierno mexicano, porque contará ya con técnicos capacitados en el área y ha creado una infraestructura industrial para participar con mayores componentes en este tipo de obras.

Como apunta Mendoza Berrueto: La educación tecnológica y

la preparación de los cuadros humanos para desarrollar una tecnología - nuclear que nos permita pensar en la suficiencia energética, en México están muy atrasados y es necesario avanzar aceleradamente en este camino para no quedarnos rezagados. (27)

(27) Eliseo Mendoza Berrueto. Subsecretario de Educación Científica y Tecnología de la SEP, Excelsior. 29 de Septiembre de 1981, - Sección A. Pág.5.

F) LA CAPACITACION DEL PERSONAL; MEDIDA DE SEGURIDAD Y PREVISION DE ACCIDENTES NUCLEARES.

La alta inversión en una planta nucleoelectrica, requiere de una operación económica, continua, eficiente y segura que depende del personal altamente responsable motivado con sentido nacionalista, sobrecualificado, eficiente y continuamente actualizado.

La demanda internacional de este tipo de personal lo hace muy valioso y es en consecuencia imprescindible que sea personal arraigado a la institución y que se obliguen a cumplir con las condiciones de trabajo, que incluyen un alto nivel de capacidad, esfuerzo y responsabilidad, para lograr los cometidos que su puesto exige.

Por lo anterior deberá preverse el suministro de personal en caso de renuncia o por cualquier otra circunstancia.

Fuentes de Reclutamiento de Personal y Capacitación:

1.- Personal Interno de Comisión Federal de Electricidad con nivel de posgrado en el área nucleoelectrica.

2.- Instituto de Investigaciones Eléctricas.

3.- Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Instituto de Física, Centro de Estudios Nucleares.

4.- Instituto Politécnico Nacional:

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,

Escuela Superior de Física y Matemáticas.

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.

Centro de Estudios Avanzados.

Departamento de Energía Nuclear.

5.- Instituto Nacional de Energía Nuclear.

Para operar la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde, - se requiere integrar grupos de trabajo que realicen las actividades bajo procedimientos seguros y eficaces.

El personal necesario que permanentemente debe operar y mantener la planta, se estratifica en 3 niveles:

Nivel "A" de Ingeniería:

73 personas - Profesionistas o máximo nivel de Licenciatura en Ingeniería.

Nivel "B" de Técnico Especializado:

106 personas - Preparatoria o Vocacional, mínimo.

Nivel "C" de Técnico Medio:

70 personas - Secundaria Prevocacional, mínimo.

Los cambios tecnológicos trascendentales en el área - nucleoeléctrica requieren de una constante actualización de personal, - así como de la observación con criterios de prueba de las necesidades de capacitación y adiestramiento.

Por otra parte, debido a las tensiones, esfuerzos y el - estado físico y psicológico del personal, deberá observarse para verificar su estado de salud, que pueda originar reemplazos al personal.

La capacitación del personal que estará al frente de las

plantas nucleoelectricas, representa una responsabilidad para la Comisión Federal de Electricidad, ya que esta Institución auxiliada por Uranio - Mexicano, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Instituto Nacional - de Investigaciones Nucleares y Comisión de Salvaguardias Nucleares. Debe preparar a los 332 individuos que en diversas categorías tendrán el manejo del Reactor Nuclear, de ésta capacitación dependerá el buen funcionamiento del reactor, es por ello, que se realiza una selección de personal para encontrar a las personas idóneas. La búsqueda de personal altamente calificado para este trabajo, se realiza dentro y fuera de la Comisión Federal de Electricidad. Para esta selección, se les practican a los interesados tanto exámenes de conocimientos para saber su nivel técnico, así como exámenes psicológicos para determinar el estado emocional del aspirante, ya que este factor también resulta muy importante para estas centrales.

Laguna Verde necesita 332 técnicos, que se componen de:

- 2 Superintendentes. *
- 2 Ayudantes de superintendentes. ***
- 3 Supervisores de Protección Radiológica.
- 3 Ingenieros de protección radiológica.
- 22 Técnicos de protección radiológica.
- 2 Supervisores de Ingeniería. ***
- 2 Ingenieros Químicos.
- 3 Ayudantes de Ingeniería química.
- 18 Técnicos de laboratorio químico.
- 2 Ingenieros del Reactor, ***
- 3 Ingenieros de pruebas y resultados.
- 3 Ingenieros Nucleares.
- 3 Técnicos del reactor.

- 2 Ingenieros Instrumentales, ***
- 3 Ayudantes de Computadora.
- 3 Técnicos de computadora.
- 8 Ayudantes de ingenieros instrumentistas.
- 22 Técnicos instrumentistas.
- 2 Supervisores de entrenamiento. ***
- 2 Personas de entrenamiento.
- 2 Supervisores de Operación. ***
- 16 Jefes de Turnos. ***
- 16 Ayudantes de jefes de turno. ***
- 16 Operadores de Reactor. **
- 70 Ayudantes de operación.
- 2 Supervisores de mantenimiento.
- 2 Ingenieros Mecánicos.
- 4 Ayudantes de ingeniero mecánico.
- 70 Mecánicos de mantenimiento.
- 2 Ingenieros Electricistas.
- 33 Ayudantes de ingeniero electricista.
- 20 Electricistas. (mantenimiento)

Todos estos técnicos suman 332, muchos de los cuales requieren la Licencia Internacional para poder ejercer.

Las instituciones que en estrecha relación vigilan el funcionamiento de los reactores y la preparación de los cuadros humanos, son Comisión Federal de Electricidad, Uranio Mexicano, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y la Comisión de Salvaguardias Nucleares.

- * Personal que requiere Certificado.
- ** Personal que requiere Licencia de RO. (Operador del Reactor),
- *** Personal que requiere Licencia de SRO. (Supervisor de Operación del Reactor).

Con vistas al futuro, en esta planta que se encuentra a la orilla del mar, precisamente frente a la isleta donde en 1519, Cortés amarró sus naves a su llegada a México, se ha instalado una oficina de ingeniería de detalle en que se preparan 270 jóvenes ingenieros que tienen en promedio 27 años y serán los que lleven adelante el programa nucleoelectrónico futuro. Entre estos profesionales, hay 15 físicos y 10 nucleares. A un lado de la carretera que lleva a la planta, se puede ver la construcción de una escuela para soldadores, paileros, electricistas, tableristas y tuberos, que serán también los que construyan las plantas venideras y las mantengan.

Aprender en Laguna Verde, afirma Pérez Ruíz, será benéfico desde diferentes puntos de vista para construir la docena que necesitaremos al llegar al año 2000. El número está calculado acorde con el paso que llevamos de crecimiento. Si es más, entonces deberán ser más las plantas o menos si frenamos nuestro desarrollo. (28)

(28) Agustín Pérez Ruíz. Director General del Proyecto Laguna Verde. (Novedades. Oct. 9/81. Secc. A-B, Pág. 6-A.)

CAPITULO IV

IMPORTANCIA DE LA ENERGIA NUCLEAR

A) FISION TERMONUCLEAR CONTROLADA.

Existen varios tipos de reactores nucleares que se distinguen por los materiales moderadores o enfriadores que emplean, el contenido del uranio 235 en el combustible y la velocidad de los neutrones que producen fisión.

De acuerdo a los materiales moderadores o enfriadores - empleados, los principales tipos de reactores son de gas y de grafito, - de agua pesada, de agua ligera a presión, de agua ligera hirviente y de sodio líquido.

De acuerdo al contenido de uranio 235 en el combustible, los reactores pueden ser de uranio natural, de uranio ligeramente enriquecido o de uranio altamente enriquecido.

De acuerdo con la energía de los neutrones que producen la fisión, los reactores pueden ser térmicos (neutrones lentos o de baja energía) o rápidos (neutrones rápidos o de alta energía). Estos últimos, de diseño más avanzado, no emplean moderador y tienen la ventaja de producir más material fisiónable del que consumen al formarse plutonio 239 a partir de uranio 238 o uranio 233 a partir de torio 232.

La energía atómica ofrece posibilidades tan enormes para el futuro de las industrias, la medicina, las profesiones, la agricultura, etc. (29)

(29) Carleton Pearl. "La Décima Maravilla: Energía Atómica". Agora. 1957. Argentina. Pág. 7.

La radiación atómica se emplea para diagnosticar y descubrir algunas enfermedades y curar otras. Los motores nucleares, impulsan a los barcos y dentro de poco tiempo hará lo mismo con los aeroplanos.

Algún día el átomo podrá proporcionar calor a ciudades enteras, generar fuerzas para las naves espaciales, derribar montañas, abrir canales, descubrir nuevos yacimientos de minerales, y quizás aún pueda utilizarse para mejorar las condiciones de climática de la tierra. Existen cientos de aplicaciones menos conocidas de la energía nuclear.

En la industria petrolera, la cual envía constantemente grandes cantidades de petróleo crudo a través de millones de kilómetros de tubería, el átomo ha hecho posible que se haga circular, una después de otra y por la misma tubería, dos clases distintas de petróleo, para luego separarla en el otro extremo. Se colocan etiquetas radiactivas entre los dos envíos y un contador Geiger es el encargado de avisar cuando termina de pasar la primera clase de petróleo y cuando a llegar la segunda.

Si los Ingenieros de una fábrica desean saber el número de vueltas que da una polea giratoria, colocan un pedazo de material radiactivo sobre su anillo y un contador Geiger se encarga de registrar cada vez que el trozo radiactivo pase por el mismo lugar.

La radiactividad como protección.- Los trabajadores que laboran cerca de máquinas peligrosas, un trozo de material radiactivo se

coloca en una pulsera en la muñeca del trabajador, cuando su mano se acerca a un lugar de peligro, la radiación hace sonar la alarma de un aparato instalado en la máquina, cuando cierto material plástico que se emplea para formar los conductores eléctricos se somete a la radiación, alcanza tal dureza que resulta ser uno de los mejores aislantes.

Las roturas interiores que llega a haber en las piezas metálicas de los aparatos, pueden ser descubiertas por medio de la radiación (antiguamente se empleaban Rayos X, pero la radiación atómica resultó ser mucho más económica).

La electricidad estática del tipo que a veces brota al tocar la manija de la portezuela de un carro, puede ser peligrosa cuando hay sustancias explosivas cerca de ella. La energía atómica se puede aplicar para descargar esa electricidad y evitar así que cause un daño.

La lista de las aplicaciones industriales del átomo y sus derivados es interminable. Además de lo que hemos mencionado, el átomo se emplea para construir los indicadores de la velocidad de los aeroplanos para fabricar mejores jabones y lápices labiales, cintas adhesivas más fuertes y vidrio mucho más duro, se puede usar aún para descubrir la presencia del humo en la atmósfera y para analizar un tronco de árbol y determinar el número de nubosidades internas que contenga.

En la medicina, el átomo no tiene tantas aplicaciones como en la industria, pero quizás su importancia sea mayor. Alivia el dolor, contribuye a la técnica quirúrgica, proporciona ayuda a los médicos

para diagnosticar el mal de sus pacientes.

Algunos usos para averiguar hasta que partes del organismo llega un medicamento y si es que lo alivia, se agregan pequeñas dosis de sustancias radiactivas a las sustancias curativas, las cuales pueden ser rastreadas con un contador. Sustancias químicas similares se pueden agregar a la sangre para que los médicos puedan saber que órganos y partes del cuerpo sufren de circulación defectuosa, pero también se descubrió que las sustancias radiactivas son a menudo tan potentes que pueden causar quemaduras, algunas de éstas pueden llegar a ser graves, pero también pueden ser benéficas, como cuando se emplean para destruir las células cancerosas que no pueden extirparse por medio de la cirugía. Mucha gente que ha padecido cancer ha vivido más tiempo, gracias a ese tratamiento.

Las drogas, los vendajes y otros productos químicos y médicos pueden ser esterilizados al someterlos a la acción de los rayos atómicos, que destruyen las bacterias y los gérmenes portadores de las enfermedades.

Los insectos que atacan los cereales pueden ser combatidos por medio de la radiactividad, ahorrando en esta forma mucho dinero a los agricultores.

Los hábitos de los insectos devoradores de plantas pueden ser descubiertos haciendo radiactivos a unos cuantos de sus individuos y luego siguiéndolos con un contador Geiger para saber a dónde van y cómo -

viven. La información así obtenida, puede utilizarse en la elaboración de mejores métodos para combatirlos.

La edad de los objetos extraídos por los arqueólogos se puede determinar midiendo la radiactividad de una clase de carbono que contienen. Ese carbono pierde su radiactividad a cierto ritmo, que los científicos conocen, la cual les permite calcular la edad del objeto en cuestión.

En forma considerable o pequeña, el átomo ayuda a mejorar el medio en que vivimos. Los científicos nunca sabrán hasta donde lo llevará su curiosidad al tratar de averiguar de que modo está hecho el mundo. Los investigadores descubrieron un arma terrible, pero también marcaron las derrotas de una vida mejor.

B) LA ENERGIA NUCLEAR COMO FUERZA DE PROPULSION DE GRANDES MAQUINAS.

Después de la producción de energía, el aspecto mas fascinante de la energía nuclear, reside en la posibilidad de utilizarla para solucionar el problema de la propulsión: mover un aparato pesado, sobre la tierra, sobre el agua, en el interior del agua y en el aire, es una de las hazañas del ingenio humano.

A partir de 1820 se empezó ha utilizar el vapor como fuente de energía, después fué sustituido por el motor de aceites pesados, y el motor de explosión, que permitió el desarrollo de la aviación. (30)

La era nuclear ofrecía también posibilidades de usarla - como fuerza de propulsión nuclear y podía aplicarse en primer lugar a la navegación marítima, ya que un barco puede transportar un peso bastante - grande. Una pila atómica y su protección pueden colocarse en una masa - flotante de varios miles de toneladas. Pero el primer reactor construido para la propulsión nuclear fué para un submarino (NAUTILUS).

El principio en que se basa el motor del submarino es - simple, un corazón reactivo de uranio enriquecido, por el que pasa el - agua ultra pura a presión. El agua sirve tanto de moderador de neutrones como de refrigerante. El calor se intercambia en un dispositivo que asegura el paso de una segunda corriente de agua, que es vaporizada, y el

(30) Charles Noel "Promesas y Amenazas de la Energía Nuclear", Ariel Barcelona. 1962. Pág. 85.

vapor hace girar dos turbinas que a su vez, mueven las hélices a través de un reductor.

Un hecho que destaca de esta maravillosa máquina, es la travesía por debajo de la costra de hielo del polo norte en 1958.

El primer crucero duró más de dos años, sin cambiar de combustible, probablemente se utilizaron algunos kilos.

El primer corazón del Nautilus, de 1955 a 1957, le permitió recorrer 110,000 Km. el segundo de 1957 a 1959, fué cambiado después de recorrer 115,000 Km. y el tercero permitió recorrer 225,000 Km., lo que dá una idea del desarrollo y aprovechamiento de la energía nuclear.

Submarinos:

Nautilus, Seavault, Shote, Swordfish, Sargo, Seadago, Sripjach, Triton, Tahibut.

Las ventajas de la propulsión nuclear son indiscutibles: el hecho de poder recorrer 200,000 Km., sin más combustible que algunos kilos de uranio, mientras que con aparatos clásicos se necesitará para realizar este crucero una cantidad de aceites pesados que pesaría seis o siete veces más que el submarino mismo, además del volúmen que ocupará el combustible.

El uranio permite además permanecer sumergido mucho tiempo sin tener que renovarse el aire, debido a la combustión química y de la velocidad que permite desarrollar, que puede ser de 70 Km., en inmer-

sión. Esta tecnología también es aplicada a los portaviones.

El primer buque civil de propulsión nuclear fué el rompehielos Lenin (Ruso).

La propulsión aérea por energía de fisión, choca con dificultades considerables: la masa misma del sistema y sobre todo, la protección contra las radiaciones, también interviene el enorme peligro de los accidentes, que sembraría radiactividad por doquier, pero aún así se sigue investigando para aplicar la energía nuclear a aparatos aéreos.

El ferrocarril nuclear también presenta límites en posibilidades para su realización, aunque se dispone de reactores cuyo corazón es suficientemente pequeño para poder ser transportado por un vagón que tenga las dimensiones normales; también es posible producir electricidad en un espacio bastante reducido por una pila. Pero lo que impide llevar a cabo una realización de este tipo, es el peso todavía considerable del conjunto, sobre todo el de la protección de la pila.

Las ventajas que presentaría son: autonomía completa para grandes recorridos, sin necesidad de recargar combustible (100,000 Km.) no se necesitarían los tendidos eléctricos centrales y subcentrales generadores de corriente, no se necesitaría carbón ni agua con que alimentar la máquina de vez en cuando.

La propulsión por fisión para autos y camiones es algo totalmente imposible en el estado actual de los conocimientos mundiales.

No puede sustituirse un motor de auto por "una pequeña pila atómica". Y no porque el volumen del reactor no puede llegar a ser suficientemente pequeño, sino porque la radiación emitida requiere un mínimo de 200 toneladas de protección.

La fisión y la fusión son procedimientos de extracción de una energía noble de tal amplitud a escala humana, que sólo se podrán utilizar en centrales productoras de electricidad o en propulsión de masas importantes. Pero esto no nos impide dejar volar nuestra imaginación y anticipar que dentro de varios años se descubran nuevas maneras de liberar la energía contenida en el núcleo atómico, ya que no podemos negar que algún día mas o menos lejano, los autos puedan funcionar con un pequeño motor del tamaño de una pelota de niño, que dure 10 o 12 años sin tener que volverlo a cargar.

C) LA ENERGIA NUCLEAR COMO ASOMBROSO POTENCIAL DE ENERGIA.

Fusión Nuclear: He aquí la palabra mágica con la que la ciencia trata de hallar solución al problema energético del próximo siglo. El objetivo es imitar en el planeta terrestre los procesos físicos que tienen lugar en el sol. La energía del sol proviene de la fusión de átomos de hidrógeno.

Los procesos físicos de la fusión nuclear son conocidos desde hace 50 años, y la explosión de la bomba de hidrógeno puso en evidencia ante todo el mundo la inmensa fuerza que se esconde en los núcleos atómicos del hidrógeno. Desde entonces se trabaja febrilmente en las naciones industriales para aprovechar pacíficamente esta energía.

El dominio de la energía atómica, permitirá la construcción de poderosos motores, que podrán trabajar durante largos períodos de tiempo sin reabastecerse de combustible y sin necesitar de otros materiales (no necesita oxígeno).

Una reacción termonuclear controlada, pondrá al servicio de la humanidad fuentes ilimitadas de energía.

La energía nuclear aporta un asombroso potencial de nueva energía por medio de la fisión de uranio y sin duda en el futuro, de la fusión termonuclear controlada.

Existe el riesgo de que el "átomo al servicio del hombre"

sirva únicamente para perpetuar las luchas, en las que, sordas o declaradas, consiste la historia desde hace mucho tiempo.

La energía sacada del seno mismo de la materia que nos compone, es algo demasiado noble para convertirla en instrumentos políticos.

Recordemos las palabras pronunciadas por Einstein poco antes de morir, "El poder desencadenado del átomo lo ha cambiado todo, excepto nuestro modo de pensar, y así nos precipitamos hacia una catástrofe sin precedentes".

Puede ya entreverse la posibilidad de alimentar una fracción apreciable de fuentes de energía eléctrica y calorífica con energía nuclear; la propulsión de grandes máquinas también está ya a punto y va a desarrollarse enormemente.

Las existencias mundiales de combustible nuclear que posee la corteza terrestre, son positivamente enormes. Hay aproximadamente diez millones de toneladas de este preciado material dispuesto para su explotación, equivale a 20 billones de toneladas de carbón de piedra. (31)

Algunas cifras de la extracción de uranio en el mundo, servirán para orientarnos sobre el potencial futuro. El uranio es un metal muy abundante de la corteza terrestre; se encuentra prácticamente

(31) Charles Noel, "Promesas y Amenazas de la Energía Nuclear". Ariel, Barcelona, 1962. Pág. 239.

en todas partes, muy diluido en el agua del mar, en los fosfatos, en los yacimientos metálicos, en el grafito sobre todo, y naturalmente en los minerales de contenido mucho más rico, explotados bajo la denominación de "minas de uranio". Para que la explotación resulte interesante, el contenido debe ser de varios kilos de uranio por tonelada de mineral. Los demás materiales terrestres contienen proporciones de uranio inaprovechable por ahora, que oscilan entre gramos y cientos de gramos por toneladas.

Los grandes yacimientos están en: El Congo, Africa del Sur, Canadá, Estados Unidos, Checoslovaquia y Siberia.

D) LA OBTENCION DE ENERGIA ELECTRICA CON APARATOS QUE OCUPEN MUY POCO ESPACIO. (PILA ATOMICA O REACTOR NUCLEAR PORTATIL)

Sorprende a menudo el hecho de que se describa una pila atómica como el objeto de reducidas dimensiones, al menos por lo que se refiere a la parte esencial (el reactor propiamente dicho) en cambio otras veces se habla de un edificio del tamaño de una casa. La razón estriba en que el primer caso el moderador es de agua pesada, en el segundo de grafito. El corazón de una pila cuyo "combustible" es uranio enriquecido y cuyo moderador de neutrones de agua pesada es de reducido tamaño: en un cilindro del orden de un metro o dos basta para contener la masa.

Una pila cuyo combustible está hecho de barras de uranio natural y el moderador de grafito ocupa un volumen notable, un cubo de unos diez metros de arista.

El uranio enriquecido hasta 2 ó 3% es ya uno de los mejores "combustibles" nucleares a pesar de su costo elevado, ya que las propiedades que presenta con respecto a la fisión, permiten reducir mucho la masa de los reactores.

REACTOR	agua pesada	---	pequeño (uranio enriquecido)
	grafito	---	grande (uranio natural)

La potencia del reactor de grafito puede ser de 250,000 Kw. (térmica) del cual puede aprovecharse hasta un 50% de potencia eléctrica.

Además, la producción de plutonio es de 1 grm. por 1,000 Kw. .

El plutonio debe ser extraído de los cartuchos, que se retiran cada cuatro a quince meses, tras un adecuado tratamiento químico que permita extraer los productos de fisión acumulados; el uranio aunque menos rico en U 235 fisible, puede aprovecharse todavía.

Entre todas las maravillosas posibilidades que ofrece el átomo, hay algunas particularmente dignas de mencionar porque aportan interpretaciones completamente nuevas a ciertos problemas que la técnica tradicional, todavía no había resuelto satisfactoriamente, como lo es la obtención de energía eléctrica permanente con aparatos que ocupen muy poco volumen.

El "SNAP" (System for Nuclear Auxiliary Power - Sistema para una Energía Nuclear Auxiliar) es un sistema de producción eléctrica mediante radionúclidos, es una simple pila atómica en miniatura que hay que englobar en la categoría de "energía de fisión" y cuyas dimensiones en centímetros son 35 x 35 x 45, su peso de 105 Kg. más el turbogenerador de 15 Kg. y la protección general de 180 Kg. que hacen un total de 300 Kg. El combustible nuclear está constituido por elementos sólidos de uranio muy enriquecidos en hidruro de circonio, enfriado con sodio y mercurio. Y es destinado a proveer de energía eléctrica a los vehículos espaciales, transmisores radioeléctricos, equipo de telemetro y todo instrumental que requiera electricidad autónoma producida

por un dispositivo pequeño, ligero y permanente. (32)

Las posibilidades, en el campo nuclear, de los isótopos radiactivos, constituyen en mucho el aspecto más prometedor, tanto en la investigación pura como en las innumerables aplicaciones que pueden tener en una gran cantidad de casos.

La ciencia nuclear es fundamental, se encuentra en la base de todas las cosas ya que todo objeto está constituido por átomos van a salir de lo "elemental" tantos nuevos descubrimientos insospechados que las perspectivas abiertas en la actualidad van a parecer muy pobres a los ojos de los próximos decenios".

	CONTROLADA	EXPLOSIVA
FISION	Pila Atómica	BOMBA "A"
FUSION		BOMBA "H"

Este cuadro representa a la Energía Nuclear, la cual ya tiene tres vértices desarrollados, pero falta el cuarto. (33)

(32) Charles Noel, "Promesas y Amenazas de la Energía Nuclear". - Ariel, Barcelona. Pág. 79.

(33) Ibid: 48.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se necesitan diversificar las fuentes de energía primaria para no aumentar el derroche "que significa la utilización de hidrocarburos en la generación de energía eléctrica".

Se debe proyectar la construcción de nuevas instalaciones tanto para acelerar las obras en proceso, como para iniciar otras que garanticen a mediano y a largo plazo el abastecimiento de energía al paso que marcará el desarrollo económico y social del país.

Al finalizar el siglo, México tendrá entre 5 y 8 veces más la capacidad instalada con que hoy cuenta. Según los técnicos especializados, el potencial hidroeléctrico será aprovechado en su totalidad y la generación deberá ser complementada con plantas de carbón, recursos geotérmicos y las Centrales Nucleoeléctricas.

El desarrollo nuclear es una tecnología muy sofisticada y requiere de un programa a largo plazo que no se puede realizar en menos de 20 años. Pero México cuenta con las condiciones necesarias para desarrollar una tecnología nuclear propia en un tiempo bastante razonable ya que tiene los recursos humanos, experiencias previas y la voluntad de alcanzar la independencia en este campo.

La energía nuclear como industria ha tenido un principio lento, pero una vez demostradas las ventajas, el desarrollo de esta nueva fuente de energía adquirirá seguramente un paso mucho más rápido. Los peritos de la materia predicen que para fines del siglo, el átomo de uranio habrá reemplazado al carbón de piedra como combustible preferido - en las centrales de energía.

La energía y lo que se relaciona con ella ha pasado a ocupar sitios de primerísima importancia en México y en el mundo. En los últimos tiempos se ha empezado a hablar de "crisis energética mundial", en el sentido de que existen factores que a más o menos corto plazo, pondrían en peligro el abastecimiento energético de la humanidad como lo es el agotamiento irreversible del petróleo, el carbón y el gas con todos sus derivados, por lo que debemos ampliar nuestra alternativa energética mientras podamos hacerlo.

El gobierno debe informar al pueblo del programa nucleoelectrónico que está emprendiendo y de esta manera desmistificar la energía nuclear que sólo la relacionan con la bomba atómica.

En los países que cuentan, ya con la tecnología nuclear, les resulta más económico producirla por reactores nucleares que a partir de los hidrocarburos.

Se deben de seguir los estudios para determinar si los reactores de agua pesada de Canadá, que funcionan con uranio natural y no necesitan el uranio enriquecido en el exterior, sea la mejor solución para México.

La demanda creciente de energía, obliga necesariamente a la utilización de la energía nuclear y ésta seguirá aumentando, hasta que una nueva fuente de energía aparezca y eventualmente la sustituya.

El plan global de desarrollo establece que nuestro país, debe mantener una tasa de crecimiento del 8 por ciento anual, lo que significa que es necesario triplicar la capacidad de generación de energía eléctrica, para la próxima década.

APENDICE

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

GERENCIA GENERAL DE PLANEACION Y PROGRAMA

CAPACIDAD INSTALADA EFECTIVA

<u>TIPO DE PLANTA</u>	<u>AÑO 1970</u>		<u>AÑO 1976</u>		<u>AÑO 1985</u>	
	<u>M W</u>	<u>%</u>	<u>M W</u>	<u>%</u>	<u>M W</u>	<u>%</u>
HIDROELECTRICAS	3,154	53.3	4,420	39.9	10,068	38.6
TERMoeLECTRICAS (combustóleo, diesel y gas)	2,733	46.2	6,550	59.1	11,880	45.6
TERMoeLECTRICAS (carbón)	30	0.5	30	0.3	1,830	7.0
GEOTERMICAS	0	0	75	0.7	400	1.5
NUCLEOELECTRICAS	0	0	0	0	1,908	7.3
TOTAL	5,917	100.0	11,075	100.0	26,086	100.0

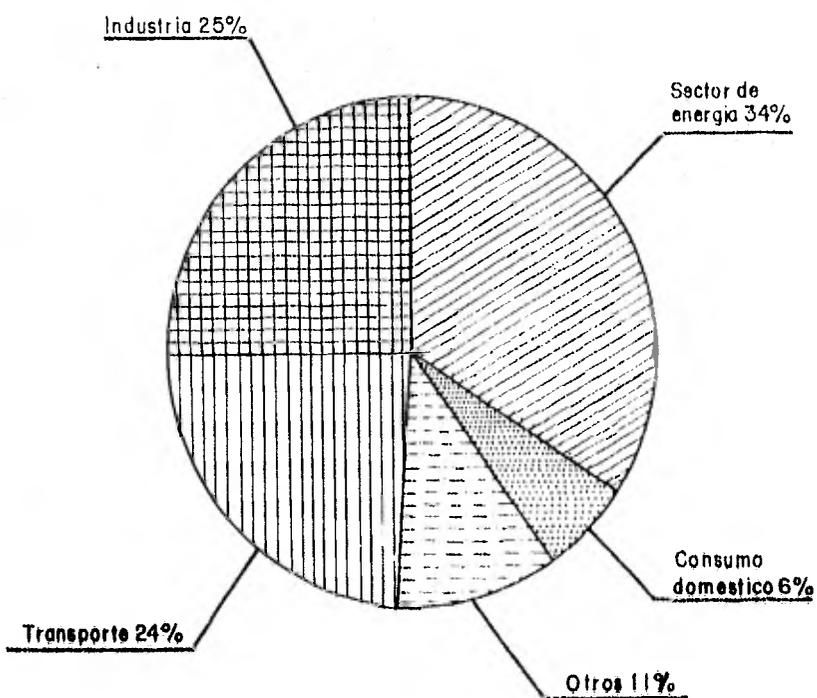
COSTOS ESTIMADOS DE GENERACION ELECTRICA PARA
 NUEVAS PLANTAS (Pesos por KWh)

	Geo- térmica	Carbo- eléctrica	Hidro- eléctrica	Nucleo- eléctrica	Termo- eléctrica a base de combustóico
Total	0.37	0.47	0.48	0.52	0.69
Costo de inversión	0.25	0.18	0.44	0.32	0.12
Costo de explotación	0.12	0.07	0.04	0.05	0.04
Costo de combustible ⁺⁺	—	0.22	—	0.15	0.53

⁺ Precios de 1979

⁺⁺ Comparación con base en precios internacionales de los combustibles

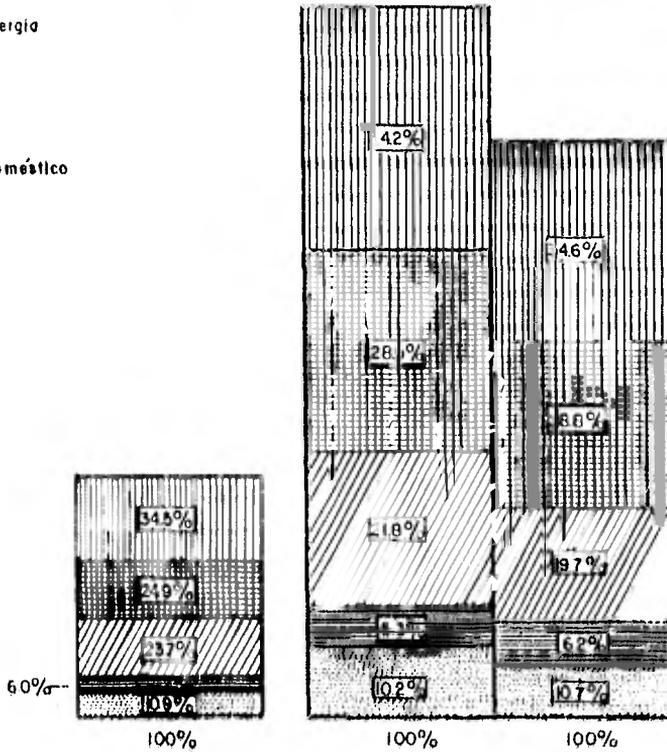
ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE ENERGIA PRIMARIA
POR PRINCIPALES DESTINOS, 1979

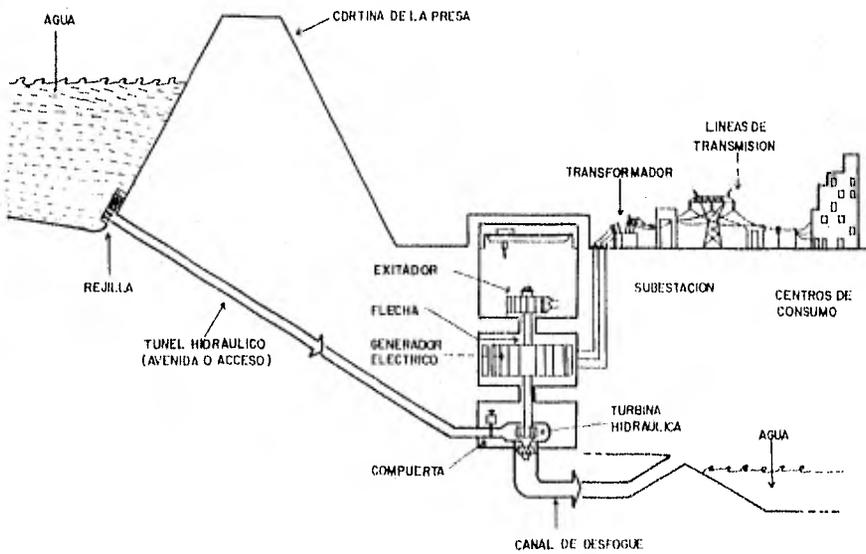


ESTRUCTURA DE LA DEMANDA INTERNA DE ENERGIA PRIMARIA POR PRINCIPALES DESTINOS, 1979-1990

1979	1990	
	Proyección base	Proyección del Programa
1.8	5.4	4.4
(millones de barriles diarios de petróleo crudo equivalente)		

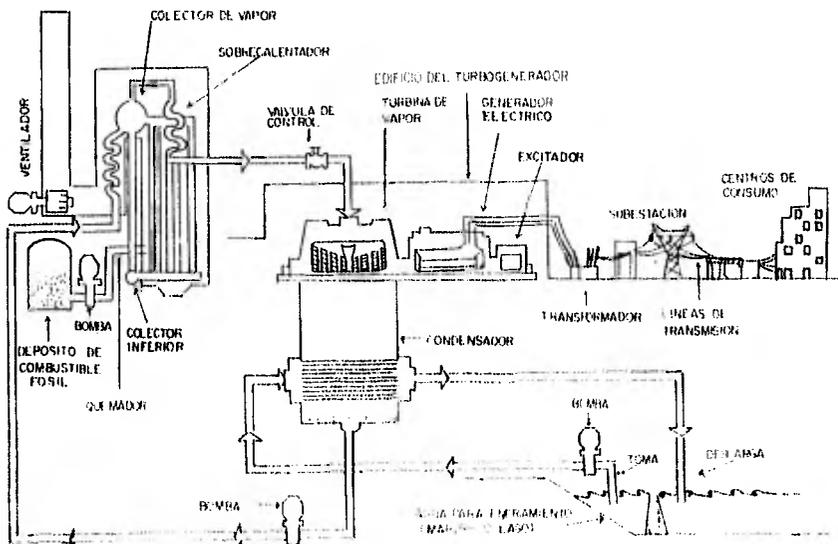
-  Sector de energía
-  Industria
-  Consumo doméstico
-  Otros



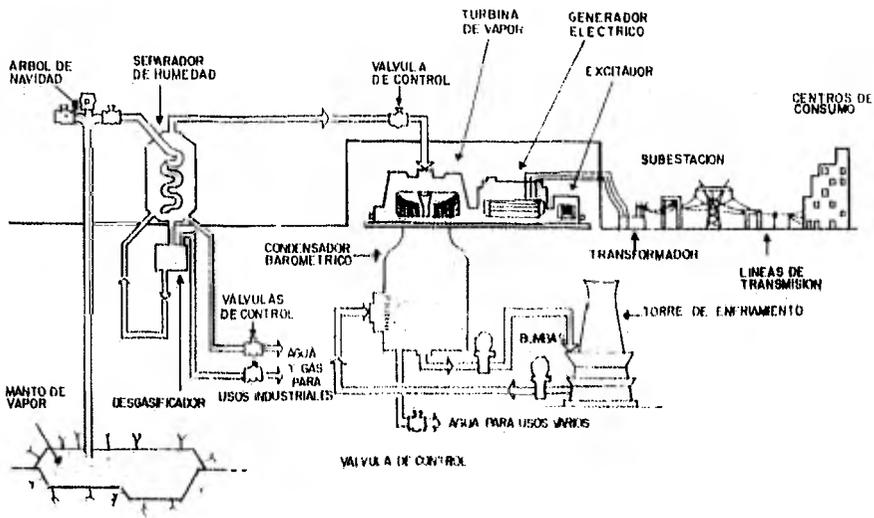


ESQUEMA DE UNA PLANTA HIDROELECTRICA

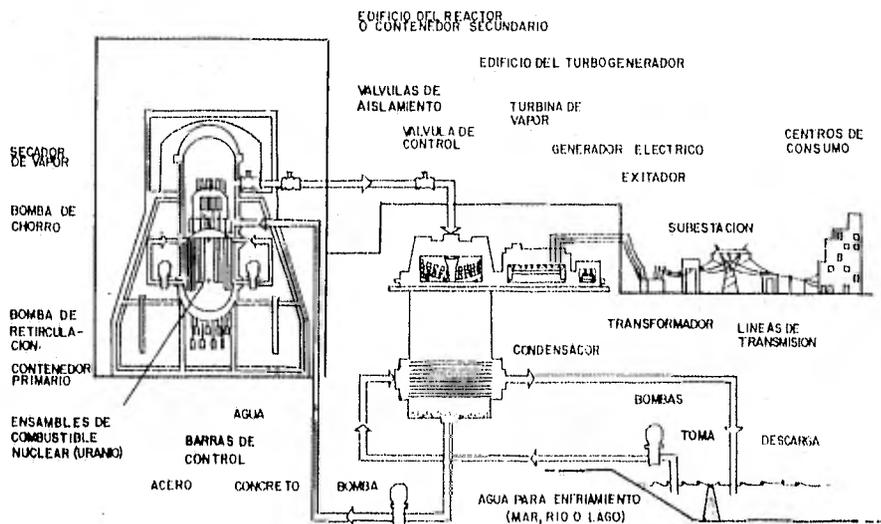
ESCAPE DE GASES



ESQUEMA DE UNA PLANTA TERMoeLECTRICA



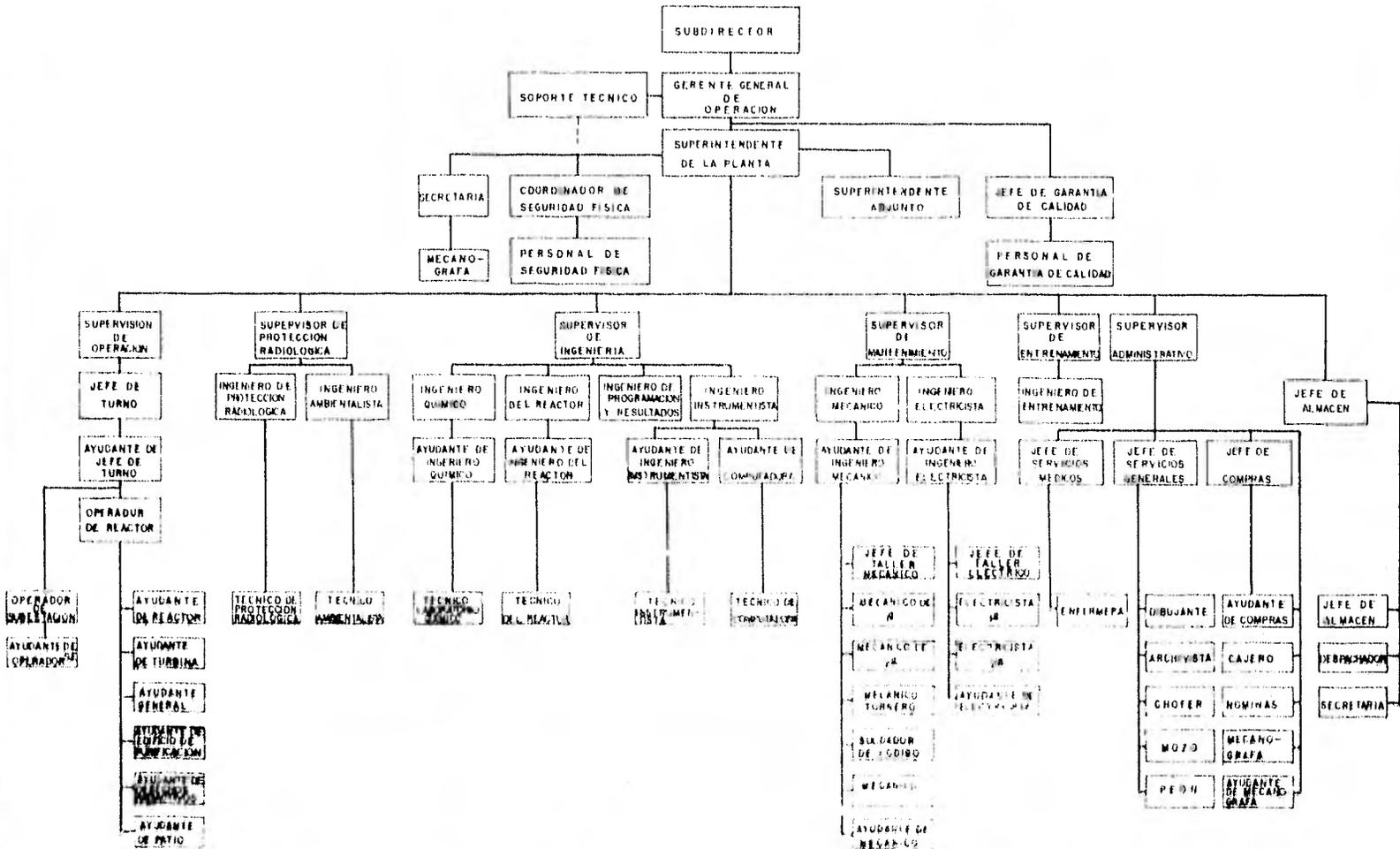
ESQUEMA DE PLANTA GEOTERMoeLECTRICA



ESQUEMA DE UN REACTOR DE AGUA HIRVIENTE

(RAH)

DIAGRAMA DE ORGANIZACION DE LA PLANTA NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE UNIDADES 1 Y 2



BIBLIOGRAFIA

- Enrique García y García.
Los Reactores Nucleares y la Producción de Electricidad.
C.F.E. México 1980.
- Investigación Económica.
Abril-Sep. 1979. Núms. 148-149. Vól. XXXVIII.
Fac. de Economía. UNAM.
- Viejo Zubicaray y Alonso.
La Energía Hidroeléctrica.
Limusa. México 1977.
- Lord Rutherford.
La Gran Bretaña Utiliza el Atomo.
Central Office of Information Londres 1963.
- Ralph E. Lapp.
El Atomo, Logros y Perspectivas.
Libreros Mexicanos, México 1965.
- Farrington Daniels.
El Uso Directo de la Energía Solar.
Ed. H. Baum. España.
- Ernesto Galarza.
La Industria Eléctrica en México.
F.C.E. México 1941.

- Pearl Carleton.
La Décima Maravilla.
Ed. Agora. Argentina 1957.
- Martín Charles Noel.
Promesas y Amenazas de la Energía Nuclear.
Ariel. Barcelona 1962.
- Jesús Brito.
Sirviendo a México.
C.F.E. No. 13. México.
- Programa Nacional del Uso Racional de la Energía Eléctrica.
No. 1. C.F.E. México 1981.
- Boletín Informativo del Sector Eléctrico.
Opciones Futuras de la Energía Nuclear.
- Informe del Sector Eléctrico. 1970-1976.
C.F.E. México.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas.
México. Vól. 5. No. 5. Marzo 1981.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas.
Informe anual, México 1980.
- Programa de Energía.
Metas a 1990 y Proyecciones al año 2000.
SEPAFIN. México.

- Planta Nucleoeléctrica de C.F.E.
Laguna Verde.
Información general. C.F.E. 1977.

- Explotación sin Riesgos de las Centrales Nucleares.
International Atomic Agency Co.
No. 21 Austria 1970.

- Andrés Caso.
Temática Económica Política y Social.
Edit. Venecia, S.A. México 1974.