

24/10

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ACATLAN"



CONTAMINACION NUCLEAR
(UNA PERSPECTIVA INTERNACIONAL)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN RELACIONES
INTERNACIONALES
P R E S E N T A :
ERIKA MITZUNAGA MAGAÑA



Estado de México

1988

8457678-3



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 está 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.

CONTAMINACION NUCLEAR
(UNA PERSPECTIVA INTERNACIONAL)

I N D I C E

	<i>Página</i>
INTRODUCCION	1
I. ENERGIA PARA LA PAZ	
1.1 Qué es y cómo se usa la energía nuclear	5
1.1.1 Usos de la Energía Nuclear	14
1.2 El Desarrollo de la Energía Nuclear y su <u>viabi-</u> lidad como fuente energética alternativa	19
1.3 Energía Nuclear y Desarrollo Económico	24
1.3.1 La importancia de la Energía Nuclear en el Desarrollo Socioeconómico	26
1.4 La Energía Nuclear, un factor político	29
II. RIESGOS DE LA ENERGIA NUCLEAR	
2.1 Origen y causas de la Contaminación Nuclear	34
2.2 Costo Ecológico	37
2.2.1 Radiobiología, efectos en el hombre	44
2.3 La problemática de los Desechos	49
2.3.1 Tratamiento de los Desechos de alta, media y baja actividad	57
2.4 Casos Representativos de accidentes Nucleares	65
2.4.1 Three Mile Island - 2	65
2.4.1.1 Impacto ambiental del accidente de TMI	77
2.4.1.2 La Energía Nuclear en el mundo después del accidente de TMI	82
2.4.2 El accidente de Chernobil	83
2.4.2.1 Impacto ambiental	92
2.4.2.2 Perspectivas de la Energía Nuclear tras la experiencia soviética	97

III. PREVENCIÓN DE LA POSIBILIDAD DE ACCIDENTES NUCLEARES Y DE LA CONSECUENTE CONTAMINACIÓN	
3.1 Aspectos Tecnológicos	102
3.1.1 Garantía de Calidad	109
3.2 Factor Humano	112
3.3 Dispositivos de Seguridad	119
3.4 Medidas de emergencia para casos de emergencia en una Central	123
3.5 Reglamentos y Gulas como parte fundamental para la óptima operación de una Central.	125
IV. LEGISLACION NUCLEAR, HACIA UN NUEVO CAMPO EN EL DERECHO INTERNACIONAL	130
4.1 Régimen de Responsabilidad por Daños Nucleares	136
4.2 Desarrollo de la legislación para prevenir la Contaminación Nuclear	141
4.3 Legislación Interna y Externa	150
4.3.1 Alemania Occidental	151
4.3.2 Estados Unidos de Norteamérica	155
4.3.3 Francia	165
4.4 El O.T.E.A., un instrumento de Reglamentación Nuclear	170
4.4.1 Salvaguardias	177
4.4.2 La Organización Internacional y la regulación de la Energía Nuclear	178
4.4.3 En busca de Seguridad	183
4.4.4 Programas de apoyo del OTEA a los países en desarrollo	187
4.5 El Organismo Internacional de Energía Atómica, los países en desarrollo y el factor Seguridad	191

V.	MEXICO Y LA ENERGIA NUCLEAR PARA LA PAZ	
5.1	Antecedentes de la Energía Nuclear en México	199
5.2	Organismos Competentes	202
5.3	Legislación Mexicana en materia de Responsabilidad Civil	208
5.4	México y la legislación internacional	213
	5.4.1 Legislación Internacional en materia de desarme	217
5.5	Primera Nucleoeléctrica Mexicana, Laguna Verde	221
	5.5.1 Viabilidad de la energía nuclear en México	221
	5.5.2 Laguna Verde, de proyecto a realidad	224
	5.5.3 Medidas de Seguridad y Supervisión del OIEA	232
5.6	Consideraciones sobre los posibles efectos ambientales de la Central Nuclear Laguna Verde	240
5.7	Opinión Pública	244
	CONCLUSIONES	247
	ANEXOS	251
	GLOSARIO	260
	BIBLIOGRAFIA	267

INTRODUCCION

En torno a la energía nuclear existen una serie de actitudes totalmente distintas, debido al enorme potencial de ésta y a los diversos usos que se le ha dado; sin embargo, el primer contacto real y generalizado que la humanidad tuvo con este energético fue el bombardeo de Hiroshima y Nagasaki al finalizar la Segunda Guerra Mundial. Este hecho horrorizó al mundo entero y desde entonces el común de la gente asocia a la energía nuclear con destrucción y muerte; por otra parte, hoy en día el hombre común vive con la constante incertidumbre de una guerra nuclear que de darse ésta, acabarla con las especies humana, animal y vegetal; y dicha guerra puede provocarse por situaciones tan irracionales como son las pasiones humanas. Todo esto aunado a las tendencias norteamericanas y soviéticas de continuar con la carrera armamentista y a la forma distorsionada que la prensa norteamericana manejó el accidente de Chernóbil, hacen que el público tenga un sentimiento de incertidumbre y apatía cuando se maneja ante él, el término nuclear; olvidando que también este tipo de energía tiene potenciales importantísimos que pueden y de hecho ayudan para la misma prolongación de la vida del hombre, de tan diversas maneras como puede ser, a través de la medicina nuclear con dosis muy controladas para destruir células cancerosas por ejemplo, o del logro de mutación de algunos vegetales, haciéndolos más fuertes e invulnerables a los insectos; o descontaminando aguas negras, las cuales albergan microorganismos peligrosísimos para la salud.

Sin embargo es tan grande el temor que el hombre siente en torno a la energía nuclear, que pese a conocer y de hecho utilizar los "nobles beneficios del átomo" se opone a él; en primer lugar porque hay mucha más publicidad en torno a los usos bélicos de la energía nuclear que en torno a sus usos pacíficos, y en segundo lugar porque es una tendencia natural del hombre el rechazar por temor, antes de analizar los pros y contras para tener una actitud más objetiva.

Empero, el átomo tuvo gran aceptación en la década de los 60's a

ratz del discurso del Presidente Dwight Eisenhower, en la Asamblea General de las Naciones Unidas, el 8 de diciembre de 1953, revolucionando el concepto popular originado tras el bombardeo a Japón, ya que se presentó como una fuente de enormes beneficios para la humanidad.

Con motivo de la aceptación que tuvo la energía nuclear a nivel mundial, y a los proyectos de nuclearización que se estaban llevando a cabo, en diversos países del Orbe nació la necesidad de reglamentar su uso, para que éste tuviera meramente fines pacíficos; así nace el Organismo Internacional de Energía Atómica, y una serie de Organismos de carácter regional y nacional.

Estos Organismos y en particular el OIEA tienen como objetivos primordiales el vigilar el adecuado uso de la energía nuclear, así como proliferar por el mundo entero sus aplicaciones pacíficas; sin embargo, por aquellos años poco interés se prestó a la cuestión de Seguridad en las centrales. En algunos países como Estados Unidos, Francia o Alemania se crearon Organismos competentes encargados de la óptima operación de las Nucleoeléctricas; más esto no se promovió a nivel internacional y el Organismo no incurrió en la importancia de este sector, hasta marzo de 1979, que ocurrió el accidente de Tres Millas en los Estados Unidos, originando la necesidad de intensificar la seguridad en la operación de las Centrales. Empero, fue el reciente accidente soviético en la Planta de Chernóbil, el que realmente marcó una nueva etapa en el Organismo Internacional el cual ha enfatizado sus actividades en torno a la seguridad de las Centrales; asimismo se han celebrado Convenciones Internacionales que prevén la cooperación internacional en caso de un accidente nuclear, entendiendo por accidente nuclear la liberación de efluentes radiactivos que rebasa las normas establecidas y puede ocasionar la irradiación del personal ocupacionalmente expuesto o bien de la población aledaña a la Central.

El objetivo de este trabajo es en primer lugar enfatizar la viabilidad de la energía nuclear como energético alternativo, ante una pronta es casez de hidrocarburos, de la cual no está exenta nuestro país, y en

segundo lugar, señalar la necesidad que existe, de que organismos tanto de carácter nacional como internacional, particularmente el Organismo Internacional de Energía Atómica, promuevan más la investigación de sistemas de seguridad capaces de reducir la posibilidad de un accidente, o que de darse éste, no haya vertimientos al exterior de la Central que afecten a la población.

Asimismo hacer hincapié en el hecho de que los países subdesarrollados no están en posibilidades de enfrentar un accidente, en términos primordialmente económicos, por lo que existe la necesidad de que el OIEA cuente con un Fondo destinado a ayudar a los países en desarrollo en caso de que éstos tuvieran un accidente nuclear. La idea de un Fondo económico no es del todo utópica, ya que esto fue propuesto en la década de los sesentas, sin llegar a resultados concretos; sin embargo, el OIEA cuenta hoy en día con un Fondo de operaciones, el que podría ser el ejemplo para la creación de un fondo en caso de accidentes.

De esta forma el presente trabajo pretende introducir al lector, de una manera general, tanto en el desarrollo de la energía nuclear, su viabilidad ante una pronta crisis de energéticos, como en los mecanismos de seguridad de una Central, lo que se ha aprendido de experiencias como los accidentes de Tres Millas y Chernóbil, y el marco jurídico que rige el uso pacífico de dicha energía.

Asimismo, plantear el "Caso Laguna Verde" como una fuente de energía viable y segura para las próximas décadas. Es así, que en el primer capítulo se habla de los antecedentes históricos de la energía nuclear, el rol que juega en el desarrollo económico y como ente de poder y prestigio político.

El segundo capítulo se adentra en el tema de la contaminación y específicamente de la contaminación nuclear, en el mismo capítulo se mencionan algunas medidas que utilizan las Centrales para minimizar el costo ecológico; se habla de los desechos nucleares como el principal obstáculo

de la seguridad nuclear y las técnicas utilizadas para tratarlos. También se describen brevemente los accidentes de Tres Millas y Chernóbil, así como las repercusiones de éstos en el ámbito psicológico, tecnológico, científico, político, ecológico, fisiológico, entre otros, enfatizando que no obstante ambos siniestros ocasionaron un sinnúmero de trastornos, e incluso pérdidas humanas, han conllevado al mejoramiento de los sistemas de seguridad, contención y emergencia de las Centrales que operan hoy en día.

El tercer capítulo sitúa al lector en los parámetros técnicos de seguridad a nivel internacional, sin llegar a detalles muy específicos, ni incurrir en tecnicismos ajenos a los propósitos de este trabajo.

En el capítulo cuarto se contempla el surgimiento y desarrollo de la legislación en materia nuclear, así como sus logros en el renglón de seguridad nuclear, para evitar una posible contaminación del ambiente, entendiéndose por contaminación, cualquier modificación que se haga del ecosistema de manera artificial; así mismo se presenta al Organismo Internacional de Energía Atómica, como el ente internacional encargado de regular los usos pacíficos de la energía nuclear.

En el mismo capítulo se mencionan los problemas que ha tenido que superar el OTEA, a lo largo de sus 30 años de vida, y en especial en el campo de seguridad de las Centrales, finalizando con un esbozo de la relación de éste con los países en desarrollo.

En el quinto y último capítulo se presenta en forma somera la incursión de México en el sector nuclear, así como el proceso legislativo de este nuevo energético a nivel nacional.

Por otra parte, se hace un breve análisis de la viabilidad de la energía nuclear en nuestro país, y una descripción de la Nucleoeléctrica Laguna Verde en relación a sus sistemas de seguridad, finalizando con una opinión personal objetiva de cómo se ha manejado la opinión pública en México en relación a la energía nuclear.

"En realidad, la fisión no tiene importancia para nadie, excepto las personas".

D. H. Wilkinson

[Esta cita es una observación en el sentido de que en la fisión no hay nada de importancia fundamental por aprender].

I. ENERGIA PARA LA PAZ

1.1 Qué es y cómo se usa la energía nuclear?

La energía constituye en el Universo, el poder que todo lo abarca, es la fuente de poder que encontramos en toda materia [1].

La marcha de la civilización a través de los siglos ha sido acompañada por un incremento en el uso de la energía, hoy en día la gente mide su estándar de vida en relación a la capacidad de energía que posean, si a ésta la relacionamos con un ente potencial de trabajo, la clave del progreso de la sociedad no sería posible sin ella.

Su aprovechamiento ha dado como consecuencia grandes aportaciones al desarrollo humano y su estudio ha clasificado sus diferentes manifestaciones, como la de aquí tratamos, la energía nuclear.

La energía aplicada ha sido una fuente de poder que ha ayudado a la evolución del hombre, la energía atómica es la contenida en toda la materia,

[1] Patterson C. Walter, La energía nuclear, ed Orbis, España 37.

en cada átomo y partículo que lo forma, las que a su vez se constituyen de partes más pequeñas ligadas entre sí; parece que ninguna fuerza en la tierra fuera capaz de separarlas, más neutrones y protones son capaces de dividir al átomo, y la energía que se libera en este proceso es conocida, como energía nuclear o atómica.

El arte del uso de la energía atómica consiste en bombardear con otros elementos los fragmentos de los átomos en expansión, la explosión atómica de una libra de uranio produce más de 2.5 millones de energía, que la liberada en la quema de una libra de carbón (2).

Todas las actividades sobre energía tienen su origen en la división del átomo, fenómeno conocido como fisión atómica, entendiendo por átomo a la unidad más pequeña de material, por ejemplo, si dividimos una molécula de oxígeno llegaremos a una división tal, que cambiarán sus características básicas, es la cubierta del átomo la afectada en las combinaciones o cambios químicos, es decir, los electrones periféricos, débilmente unidos al resto de la estructura del átomo, los cuales son, las unidades más pequeñas posibles de electricidad, sus electrones están cargados negativamente y son extremadamente ligeros.

La estructura interna fue menormente conocida, ya que en ese momento no era precisa, para comprender fenómenos químicos; sin embargo los métodos necesarios para cambiar el interior del átomo requieren del conocimiento de dicha estructura interna y de mayor capacidad de energía, que la necesaria para producir reacciones químicas.

En 1932 fue descubierta una nueva partícula, el neutrón que tiene un peso exactamente igual al protón, más no tiene carga eléctrica, el número de protones iguala al de neutrones en el cuerpo del núcleo.

En la naturaleza existen átomos que difieren entre sí, siendo del mismo elemento, éstos se conocen como isótopos, el hidrógeno pesado,

(2) Dwight Eisenhower "átomos for peace", p. 14.

llamado también deuterio es un isótopo de hidrógeno que tiene un peso atómico de 2, un tercer isótopo de hidrógeno que contiene dos neutrones y un protón recibe el nombre de tritio, elemento vital de la bomba de hidrógeno.

El isótopo es indispensable para comprender lo que es la energía nuclear, cuando consideramos los profundos efectos de un cambio nuclear, la constitución exacta del núcleo nos resulta indispensable. En un isótopo particular el número de neutrones en relación con el de protonos puede ser extraordinariamente grande o pequeño, en este caso el núcleo inestable tenderá a retornar a una relación más normal de protones-neutrones, emitiendo energía.

Los isótopos de alto peso son aún más inestables y emiten su energía por radiación, transformándose así en núcleos estables, estos isótopos son llamados radioisótopos.

Los isótopos inestables son más pesados que los estables así para conseguir los primeros a través de los últimos se requiere la transformación de energía en materia, con el objeto de aumentar la masa, hasta cantidades requeridas, esta es aportada por energía en movimiento de la partícula bombardeante. La Ecuación de Einstein, en relación a los movimientos de los pesos de los átomos nos dice exactamente qué cantidad de energía bombardeante es necesaria (3).

La fisión

Durante el período de 1925-1935, se produjeron muchas transformaciones nucleares, usando como partículas bombardeantes, protones y rayos gamma, el neutrón representa un proyectil bombardeante de extraordinaria importancia, por su masa libera una gran cantidad de energía más no lleva

(3) Appraisal An, Atomic Power, atomic energy and Economic Development, ed. Persaman, N.Y., p. 10.

carga eléctrica y por lo tanto puede penetrar a través del campo eléctrico, que rodea los núcleos de los átomos.

En 1928 los sabios alemanes Otto Hahn y Strassman bombardearon uranio con neutrones lentos, creyendo que habían encontrado un nuevo elemento, más tarde se percataron que no era otro elemento sino la variación más pesada del mismo.

El proceso de fisión da origen a tres productos principales:

1) Energía; 2) fragmentos de fisión; y 3) neutrones. El primero de estos productos, origina un vasto desprendimiento de calor a pesar de esto, sólo una pequeña fracción del núcleo desaparece.

Los fragmentos de fisión son generalmente muy inestables porque contienen una fracción mayor de neutrones que los elementos estables típicos del mismo peso, los átomos fragmentados por la fisión son por lo tanto radioactivos y retornan a formas más estables emitiendo generalmente varias partículas energéticas de manera sucesiva.

El tercer resultado importante es el de los neutrones que al separarse de los fragmentos de fisión, portando grandes cantidades de energía, suelen ser muy inestables debido al gran contenido de neutrones. La emisión de la energía que liberan en su continuo movimiento buscando la estabilidad es tan grande, que es ya parte de la fisión misma.

¿Qué es un Reactor? (4). Es un aparato o instalación en el cual se consume y sostiene la desintegración en cadena de una materia fisible (símulo: pila atómica y quemador de uranio); el primero tiene su origen en la forma de los primitivos reactores que eran pilas de bloques de grafito provistos de cavidades para el uranio.

(4) El pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas. Temas de Galeana Mingot, ed. Larousse, México 1979, p. 870.

Para la fabricación de un reactor nuclear es de vital importancia material que contenga Uranio 235, metal u óxido normal o enriquecido; para un reactor es necesario contar con toneladas de combustible para alcanzar el punto crítico (5), estas fuerzas van sujetas a envolturas llamadas vainas para sostener el combustible y confinar los productos de la fisión, posteriormente se intercalan los elementos combustibles con el moderador, para retardar los neutrones, lo que nos permite controlar las reacciones en cadena. Asimismo, es necesario un elemento de medición de la temperatura y de la concentración de neutrones en algunas partes del reactor, donde tienen lugar las reacciones en cadena, se conoce como núcleo.

La recarga

Dentro del reactor tienen lugar cambios constantes en el combustible, el número de núcleos de uranio 235 disminuyen gradualmente mientras sufren de fisión, algunos núcleos de uranio captan neutrones y cambian a plutonio 239, otros cambian neutrones adicionales y se convierten en plutonio 240, así se van formando los elementos de fisión, algunos de ellos bastante radiactivos, y se experimentan cambios hacia núcleos más estables, todos los procedimientos de recarga deben llevarse a cabo con extremo cuidado.

El combustible de un reactor debe de disponerse en tal forma que el calor se desprenda de forma global, para mantener controlada la temperatura. Es necesario también extraer el calor producido y esto se hace por medio de un fluido, el refrigerante.

Enriquecimiento del Uranio

El Uranio por ser un elemento de gran masa atómica, es también altamente inestable y por lo tanto radiactivo. La explotación del uranio, co

mo el de otros minerales tiene su origen en el descubrimiento de yacimientos económicamente satisfactorios. La extracción del uranio se da casi igual que la de otros minerales, salvo que deben tomarse grandes medidas de seguridad. El siguiente paso es la concentración del material, llamado entonces, "torta amarilla" o "Yellow cake", este material se presenta así al comercio internacional, el que se procesa para convertirlo en combustible nuclear, uranio o uranio enriquecido.

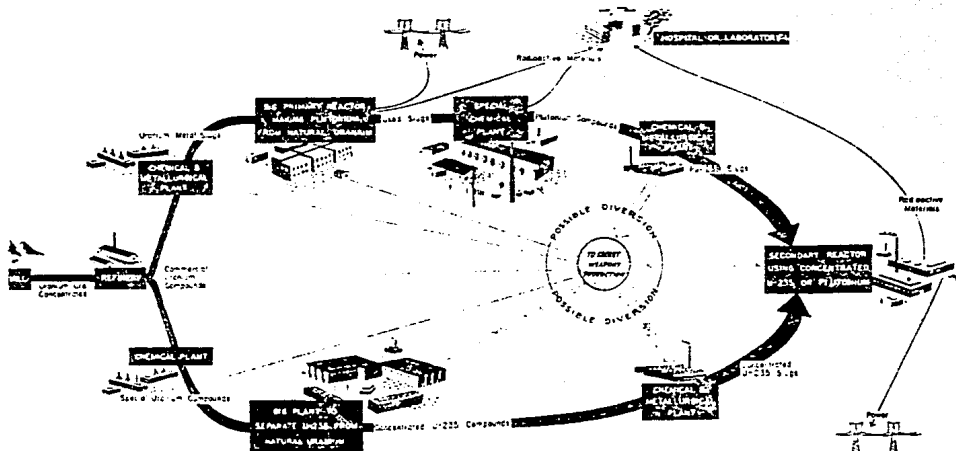
i) Ciclo del Uranio Natural. El uranio natural, en sí no puede utilizarse como elemento explosivo, más al ser tratado en un reactor nuclear de desecho irradiado, se obtiene uranio o plutonio, que se genera en el quemado del combustible, el cual puede ser separado por una planta de reprocesamiento.

ii) Ciclo del Uranio Enriquecido. Este es sumamente complejo, el material que se obtiene puede ser usado como camino directo para la fabricación de armas nucleares, sin embargo para ello, el uranio debe ser altamente enriquecido. A continuación se mencionan algunos métodos de enriquecimiento:

- a) Enriquecimiento por Difusión Gaseosa.
- b) Enriquecimiento por Centrifugación.
- c) El proceso de Becker por Tobera.
- d) Proceso Lasser, entre otros.

En la Tabla número 1 se esquematiza el ciclo total del combustible nuclear.

PICTORIAL CHART OF THE PROCESSES USING URANIUM TO PRODUCE ATOMIC ENERGY



Note—Waste products from the various stages in the processes may be reprocessed to recover the uranium or plutonium which they contain. For simplicity, such operations have not been shown.

TABLA # 1

Antecedentes históricos de la energía nuclear

El mundo se enteró dramáticamente de la energía contenida en el núcleo del átomo, por las explosiones de Hiroshima y Nagasaki, en los primeros días de 1945, así al finalizar la guerra, la cual se vio acelerada con esta nueva arma, la bomba atómica, la reacción inmediata del mundo fue el deseo de encontrar algún medio para evitar una posible guerra atómica.

La energía del átomo había sido liberada sólo para el mal y unas cuantas libras de material ocasionaban la muerte de millones de seres humanos. Más en poco tiempo llegó a ser claro que las potencialidades del átomo para usos pacíficos eran aún mayores que las bélicas.

Nos remontamos a continuación a los comienzos de la energía nuclear para comprender mejor su desarrollo.

Siguiendo el trabajo de Rutherford y el descubrimiento del neutrón por Chadwick, el profesor Enrico Fermi, en 1934 trabajando en la Universidad de Roma, presentó un experimento en el cual mostró la producción de energía nuclear. Fermi bombardeó átomos con neutrones y ahí encontró algunos átomos que eran o presentaban características diferentes a los otros, sugirió entonces que éstos eran nuevos elementos, mayores en peso atómico. Por su contribución a la energía nuclear, Fermi recibió el premio nobel de Física.

Este gran potencial nuclear fascinó a los científicos y los inspiró para seguir investigando sobre su utilización.

Los profesores Otto Hahn y Strassman repitieron el experimento de Fermi y detectaron el elemento bario, el cual tiene aproximadamente la mitad del peso del uranio, y aparentemente no tenía nada que ver con la composición de éste. Los resultados eran confusos, hasta que Lisa Meitner, física alemana refugiada en Dinamarca, presentó conjuntamente con el pro-

fesor Niels Bohr, la hipótesis que el uranio golpeado por neutrones se había fisionado, por sus cálculos demostraron, que la fisión del uranio estaba acompañada por un desprendimiento cuantitativo de energía, lo que más tarde fue confirmado por sus experimentos.

Estos mismos experimentos demostraron que al dividirse el átomo de uranio, éste lanza más de un neutrón adicional, los que a su vez podrán fisionar más de un átomo.

En 1939 los Científicos pretendieron arreglar una reacción en cadena de la fisión del átomo, encontraron que algunos de los isótopos del uranio eran más fáciles de fisionar que otros, esto debido a que el Uranio 235 presenta mayor grado de divisibilidad al ser más inestable, en lo que el Uranio 238 siendo más estable, es menos divisible, sin embargo los yacimientos de uranio encontrados en la tierra contienen un átomo de U-235 por 40 de U-238, como ambos tienen el mismo comportamiento químico fue un gran problema para los científicos el separar la ínfima porción de U-235 del gran bloque de U-238, este proceso se logró finalmente, en la Planta de Ridge en Tennessee, Estados Unidos cinco años más tarde.

Mientras tanto, otra clase de átomos fisionables eran descubiertos. Si el U-238 no era adecuado para la fisión nuclear cuando el átomo era golpeado por un neutrón, se volvía inestable y se transformaba de uranio a otra clase de elemento, plutonio, el cual sí es altamente fisionable.

Los Científicos plantearon la necesidad de un reactor, para así obtener plutonio a través del U-238, el cual sería bombardeado con neutrones de manera que se diera una reacción en cadena, al tiempo que se permitía a algunos neutrones lanzados en el proceso ser capturados por el U-238 y convertirse en plutonio.

El primer reactor fue construido en el campo de Football de la Universidad de Chicago, el 2 de diciembre de 1942, el profesor Enrico Fermi, quien más que nadie debe ser llamado el padre de la era nuclear, por

primera vez lograba y controlaba la energía más importante del cosmos, haciendo así la energía nuclear a la luz del hombre.

El gran científico alemán, Albert Einstein, fue de gran influencia para la formulación del proyecto atómico, debido a sus conocimientos y gran prestigio en materia nuclear.

En 1939 fue apoyado por amigos europeos también expatriados, para que informara a la Casa Blanca de los avances que había en relación a la energía nuclear, debido a la incertidumbre que existía de que los alemanes construyeran un arma de tal capacidad, la que en manos de los Estados Unidos impediría la victoria nazi. Esto llevó a Einstein, con el apoyo de sus colegas a escribir una carta (6) dirigida al presidente de Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, la cual fue redactada por Leo Szilard y entregada al presidente, lo que trajo como consecuencia la creación del proyecto Manhattan, para la construcción de un arma nuclear. A partir de esto se empezó a trabajar en diversos laboratorios como el Oak Ridge, Los Alamos y en Hanford.

1.1.1 Usos de la Energía Nuclear

La liberación de la energía nuclear originó una nueva dimensión a las posibilidades del cambio del medio; los primeros experimentos agregaron cantidades de radiactividad ya existentes en la tierra; si en un primer momento los estudios realizados en este campo se inclinaban a resolver los problemas que originaba la energía nuclear, conforme el hombre incurrió en el mundo del átomo advirtió que éste era además capaz de resolverle sus problemas energéticos y brindaba todo un horizonte de posibilidades aplicables a prácticamente todo el quehacer humano.

Sin embargo, el pensar común relaciona a la energía nuclear únicamente con dos actividades: la bélica y la producción de energía eléctrica

a través de la fisión del átomo, olvidando que hoy en día, los radioisótopos son parte de nuestra vida diaria, y que gracias a la sabia aplicación de éstos la vida moderna es más segura, quizá esto resulte paradójico como podemos pensar que la radiactividad brinda seguridad después de lo ocurrido en Hiroshima y Nagasaki o recientemente en Chernóbil y Brasil; más no es la energía nuclear un factor de peligro y muerte, sino la forma en que ésta sea utilizada, por ello es indispensable orientar a la población sobre los beneficios que obtenemos de los radioisótopos hoy en día, así como de lo que ocasionarla una guerra nuclear.

Los isótopos como se mencionó con anterioridad son átomos de un elemento dado cuyos núcleos poseen masas distintas, los llamados radioisótopos, son inestables y al desintegrarse emiten radiación. A continuación se mencionan algunos de los usos de éstos:

- Son un elemento analítico ideal, pues se pueden utilizar en aparatos de gran sensibilidad para detectar la desintegración de un solo núcleo.
- Además pueden detectar dónde se opera un proceso dado, uso que se aplica fundamentalmente en la biología y en diagnósticos médicos, pues a menudo es necesario localizar la afección o el trastorno considerados.
- Existen radioisótopos que emiten una radiación de gran potencia y poder de penetración, que puede utilizarse para determinar la estructura de un objeto observando en qué forma atenúa la radiación o la refleja; por ejemplo el espesor de revestimientos protectores utilizados en la industria; éstos pueden ser utilizadas también en la destrucción de bacterias u otros organismos causantes del deterioro de los alimentos, o para esterilizar productos tales como las suturas médicas o las jeringuillas.

Conforme el hombre ha avanzado en el estudio de los radioisótopos

los ha ido integrando a todas las ramas de la actividad humana; un buen ejemplo es la agricultura, ya que se pueden obtener cultivos alimentarios de elevado rendimiento y ricos en proteínas; se pueden obtener variedades vegetales resistentes a las enfermedades y a la intemperie, o determinar con eficacia la absorción de los abonos por las plantas; combatir o erradicar las plagas o insectos; mejorar la productividad y sanidad de los animales domésticos, entre otras cosas.

Tanto el OIEA como la FAO u otros organismos internacionales trabajan conjuntamente para lograr mejoras alimenticias por medio de los radioisótopos; otro avance de relevancia es el mejoramiento de semillas, la maduración más tardía o temprana de algunos cultivos, por medio de las mutaciones de los genes vegetales, que no podían ignorarse por otros medios.

Asimismo, los radioisótopos han servido para eliminar a aquellos insectos que en lugar de mantener el equilibrio ecológico, destruyen valiosos cultivos, y a los cuales las técnicas antiguas como el uso de insecticidas ya no les exterminaba, ya que se han vulnerabilizado al DDT, entre otros insecticidas. La técnica consiste en exponer insectos machos criados en laboratorio, en una fase apropiada de su desarrollo, a dosis de radiación ionizante para esterilizarlos, los que se sueltan en las áreas infestadas por insectos apareándose continuamente sin producir descendencia; tras un período determinado se va reduciendo notablemente la plaga.

Otra importante aplicación de los radioisótopos es la conservación de alimentos; un Comité de la FAO llegó en 1980, a la conclusión, de que las comidas irradiadas con dosis de hasta 10 kilogray eran aptas para el consumo humano y recomendó que se aprobasen sin necesidad de mayores comprobaciones.

Para llevar a cabo la irradiación de alimentos se debe cumplir con tres condiciones:

- a) Prueba de que el producto irradiado es apropiado para el consumo humano.

- b) Viabilidad tecnológica.
- c) Competitividad del proceso desde el punto de vista económico.

El OTEA tiene en curso programas coordinados de irradiación de alimentos, que centran los alimentos básicos a los países en desarrollo.

Los radioisótopos también ayudan para detectar mantos de agua, la cual es sinónimo de vida y cada día escasea más; gracias a los radioisótopos es posible determinar y medir con bastante precisión la velocidad de recarga de un acuífero en períodos que oscilan entre unos pocos años y 30,000 años, otra medición importante es la velocidad con que los embalses pierden agua por filtración, entre otras muchas técnicas.

Una de las áreas donde se ha ahondado más el uso de los radioisótopos es la medicina, lo que se ha reflejado favorablemente, en distinto grado, en las actividades de exámenes en gran escala de diagnóstico, pronóstico y terapia; cada año se llevan muchos millones de prueba tan sólo con fines diagnósticos.

Actualmente la mayor parte de los laboratorios radioisotópicos de los hospitales están dotados con equipo especializado, conjugado con computadoras en línea para analizar resultados rápidamente.

En el campo de la medicina y especialmente en la formulación de diagnósticos, los radioisótopos son sumamente útiles; asimismo, los anticuerpos producto del suero animal ha sido desarrollado dentro de una técnica conocida como "anticuerpos monoclonales", los que aumentan la capacidad del radioinmunoanálisis al poner a su alcance reactivos normalizados y mejorados.

Otra aplicación de los radioisótopos es la esterilización de articulos médicos como bases plásticas o elementos que no puedan ser expuestos al calor seco; se esterilizan por medio de rayos gamma procedentes del cobalto 60; resulta tan vasto el campo de aplicación radioisotópica en la

medicina que sería difícil nombrarla en este trabajo; sin embargo, cabe señalar que también se están produciendo vacunas radioatenuadas (radiovacunas) para proteger al ganado de las enfermedades que afectan adversamente a la producción.

Por último, y aunque resulte paradójico, la energía desempeña una importante función en la protección ambiental, ya que por medio de ellas se detectan y analizan contaminantes, uno de los métodos utilizados es el análisis por activación que consiste en bombardear la muestra con neutrones o partículas cargadas y medir la radiación emitida por el elemento activado (este método no descarga radiactividad en el medio ambiente).

Las técnicas nucleares se aplican también a problemas de contaminación como los causados por el dióxido de azufre, a la distribución de las descargas gaseosas a nivel del suelo, a los efluentes procedentes de la fabricación del papel, a los derrames de petróleo, al tratamiento de aguas negras, entre otras cosas.

Estas son algunas de las muchas aplicaciones de la energía nuclear que abarca casi la totalidad de la actividad del hombre; desde la agricultura hasta la industria, pasando por la medicina, y la botánica, se han visto sumamente beneficiadas por los adelantos nucleares, sin olvidar que además la energía nuclear es hoy en día la fuente más viable para compensar la disminución de hidrocarburos pronosticada para las próximas décadas, jugando un papel importantísimo ya que si hoy en día suministra el 15% de la energía eléctrica a nivel mundial, en 20 años tendrá que rebasar quizá el 40 ó 50% de esta producción eléctrica.

No obstante, este importantísimo energético puede conducir a la destrucción de la humanidad; igualmente puede ayudar a preservarla; todo depende de la forma en que éste se use y en última instancia de los hombres que tienen el poder de decidir precisamente su utilización; sin por ello dejar de reconocer que hoy en día recibimos muchos beneficios derivados del manejo sabio de las radioisótopos y de la propia energía nuclear.

1.2 El desarrollo de la Energía Nuclear y su viabilidad como fuente energética alternativa

Este siglo fue caracterizado por un crecimiento y desarrollo vertiginoso, dentro de esto podríamos nombrar tantos aspectos que deduciríamos que, la total sociedad internacional con sus múltiples contradicciones es la que está experimentando este desarrollo; que en muchas ocasiones se da más rápido que la misma capacidad humana para asimilarlos.

Un factor de este desarrollo, fue haber encontrado fuentes de energía con potenciales enormes, capaces de mover ciudades industriales día y noche sin importar su ubicación geográfica, estas fuentes de energía que en su mayoría derivan en energía eléctrica, son: El caudal de los ríos, formando hidroeléctricas; el carbón mineral o hulla para establecer plantas carboeléctricas, el petróleo dando origen a las termoeléctricas y por último, la energía nuclear proveniente del átomo, las nucleoeeléctricas.

El problema que enfrenta la humanidad es que las reservas de petróleo y gas constituyen aproximadamente las dos terceras partes de la energía que se produce actualmente, situación que se prolongará hasta el año 2000, más el uso masivo de estos combustibles fósiles los ha colocado en vías de agotamiento. Se cree que los yacimientos petrolíferos se agotarán en un par de décadas, conscientes de esto, los hombres de ciencia y los tecnólogos han tratado de encontrar fuentes energéticas alternativas, incursionando en muy diversos campos.

La energía hidroeléctrica, a pesar de estar fuertemente desarrollada en muchos países, es exclusiva de aquellos que cuentan con una exuberante hidrografía, otras alternativas son: la energía eólica, es decir la utilización de la fuerza de los vientos, la que se ha implementado en pequeñas aldeas dando buenos resultados; sin embargo, la ciencia está en busca de una energía capaz de mover ciudades industriales, y la energía eólica no representa una opción.

La Energía Solar motivó muchas esperanzas, especialmente por parte de los ecologistas, más los costos que aun originan sus instalaciones la hacen poco viable, además de que el mantenimiento de Estas es difícil y oneroso, por lo tanto, "A plazo medio la energía nucleoelectrica se ofrece como sustituto del petróleo y del gas que de otro modo serian necesarios para la producción de electricidad, y representa para muchos países, con insuficientes recursos de estos minerales y de carbón, un medio factible para evitar tener que depender en grado agobiante de las importaciones" (7).

A largo plazo la energía nucleoelectrica puede representar una solución tecnológicamente bien fundada para satisfacer la demanda de las necesidades energéticas mundiales.

La energía nuclear orientada a fines pacíficos ha atravesado como tantas otras cuestiones, diversas fases, donde se demuestra la maduración que ésta ha alcanzado.

Años de grandes logros. El año de 1954 fue crítico para el desarrollo de la energía nuclear en los Estados Unidos, debido a que se dieron importantes legislaciones al respecto, sin embargo, continuaron proponiéndose programas de reactores con el fin de arrancar el monopolio nuclear al Gobierno, y formar empresas privadas. Al final de 10 años de desarrollo las Plantas Nucleares competían con otros recursos en la producción de energía eléctrica. La acción legislativa clave fue el permitir la participación privada y las sociedades mixtas entre el gobierno y la industria.

Los años dorados. Los primeros años de la década de los setenta fueron la época de euforia para la industria nuclear de Estados Unidos, se empezaron a ordenar plantas como nunca antes, 140 reactores fueron vendidos entre 1970-74, un promedio de 28 por año; más aun así, la industria

(7) OIEA, Boletín de aniversario Vol. 19 # 4, agosto 1977, p. 47.

nuclear tendría que acelerar su producción si quería cumplir el deseo del Presidente Nixon de tener 1000 Plantas Nucleares en funcionamiento para el año 2000.

El desarrollo nuclear proponía ser el principal recurso de la era post-petróleo, la industria pronosticaba que serían vendidos y comprados 800 mil millones de dólares de combustible nuclear para el año 2000 haciendo de la energía nuclear una de las industrias más importantes de la economía mundial.

Los años difíciles. Precisamente, cuando menos lo hubieran imaginado las grandes corporaciones nucleares, que poseían un gran prestigio en la historia del capitalismo americano, tuvieron que enfrentar serias barreras que les hizo cambiar su visión en cuanto al futuro. Una de estas barreras fue la gran inversión que las Plantas requerían y otras las campañas ecologistas que empezaban a influir en la opinión del público, sobre los riesgos de la energía nuclear. Otro factor fue que, debido a las intransigencias de los países de la OPEP, E.E.U.U. había centrado todas sus esperanzas energéticas en la fisión atómica, al darse el embargo petrolero en 1973, hubo un cambio radical en el balance internacional de energéticos, existía temor por parte de las naciones desarrolladas de que los nuevos países endurecidos por los años de la colonia adoptaran decisiones que repercutieran en la provisión de energéticos, del tercer al primer mundo, a partir de entonces los papeles se invirtieron y son las potencias las que inciden en el mercado mundial de hidrocarburos, hecho que desarticuló varios proyectos nucleares.

Ante este cuadro, nos queda pensar que el desarrollo nucleoelectrónico, no puede darse a pasos agigantados sino más bien, por medio de programas graduales bien cimentados. La óptima integración de la energía nuclear eléctrica depende del desarrollo paulatino de una amplia infraestructura de fabricación y ciclo de combustible, lo que representa tiempo, inversión y medios financieros; tan solo pasaron 35 años de esfuerzos e

investigaciones entre el reactor experimental y los reactores de producción a plena escala industrial.

El cuadro que a continuación se presenta, muestra datos tomados de la Conferencia de la OCDE, relativa al crecimiento de la energía nuclear eléctrica en sus países miembros, así como en otras regiones del mundo.

CUADRO 1 (8)

PROVISIONES DEL CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA EN LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS				
Región o país	GW(e)			
	1985	1990	1995	2000
Europa (OCDE)	125-168	200-286	284-418	307-560
América (OCDE)	141-172	215-309	305-514	370-810
Pacífico (OCDE)	27-49	52-85	92-158	152-270
Total de la OCDE	293-389	467-680	681-1090	829-1640
Menos Grecia y Turquía	293-388	465-676	674-1084	821-1628
Rep. de Sudáfrica	1-2	2-5	5-11	7-17
URSS y Rep. Dem. Alemana	41-69	82-121	143-226	210-340
Total para los países industrializados	335-459	549-802	822-1321	1038-1985

Esta estimación fue realizada en 1977, y es claro que las expectativas de desarrollo nucleoelectrónico eran más altas de los logros hasta hoy alcanzados, lo que resulta una paradoja que se explica debido a las recesiones mundiales que disminuyeron el consumo de energía, y el descubri-

(8) OTEA, Boletín de Aniversario, *Op. cit.*, p. 49.

miento de campos petrolíferos en Gran Bretaña y México; y a factores sociales y políticos suscitados por una inquietud muchas veces irracional en torno a los efectos ambientales de las Centrales Nucleares, y con la relación que se hace al hablar de energía nuclear con armas nucleares; y a factores técnicos y económicos que en ocasiones aplazan la construcción de las Plantas, lo que conduce a considerables aumentos de los gastos de capital y de los costos de combustible para las Centrales. En lo que respecta a las medidas de seguridad de una Planta, se han logrado adelantos, que hubieran sido difíciles de imaginar en los primeros años de la energía nuclear para la paz.

Una Planta Nuclear debe ofrecer cero riesgo, y esto encarece enormemente su construcción y en ocasiones las nucleoelectricas se vuelven exclusivas de los países desarrollados.

La Energía Nuclear ha sido un punto de polémica desde sus comienzos, nació horrorizando al mundo después de los estragos ocasionados en Japón, posteriormente sus potencialidades pacíficas sorprendieron a la humanidad, se pensó entonces que la energía nuclear empezaba para dominar con ella, a las fuerzas más recónditas de la naturaleza. Hoy en día como hemos visto anteriormente, no es sólo un factor de horror o de sorpresa, sino que representa también una mezcla de apatía y desconfianza, lo que el público en general siente con respecto a esta fuente de energía, aun cuando es evidente la necesidad que tendrán las naciones, de energéticos los que cada vez son más escasos.

Es aquí precisamente, donde la energía nuclear juega un papel de primera importancia, abastecer los requerimientos mundiales de energía y hasta no desarrollar la fusión atómica (9) no hay muchas esperanzas depositadas en ningún otro medio o fuente energética.

(9) Fusión atómica. Es un proceso de átomos muy ligeros que son combinados para formar un átomo más grande pero con peso menor que el peso combinado de átomos ligeros.

1.3 Energía Nuclear y Desarrollo Económico

Muchos expertos incluyendo eminentes científicos han informado al mundo que la energía nuclear es esencial para nuestro futuro, creen en la evidente escasez de recursos fósiles en pocas décadas y agregan sus juicios cualitativos, llegando incluso a relacionar a la energía nuclear con supervivencia, esto motivado por el creciente aumento en la demanda de energéticos que requieren las plantas industriales en el mundo entero.

La energía nuclear, proveniente de la fisión del átomo proporciona grandes alternativas, más cabe preguntarse si este tipo de energía puede o no ser un factor de desarrollo económico, y si ésta proporciona a los países en desarrollo alguna esperanza. Estas preguntas y muchas más se hacen tanto políticos como hombres de ciencia, más existen grandes razones por las cuales se considera a la energía nuclear como un factor de industrialización y desarrollo.

Si hacemos un poco de historia veremos que es la capacidad energética que se alcanza en la Primera Revolución Industrial, lo que acelera el proceso de desarrollo de Inglaterra y posteriormente del continente europeo y del mundo entero. La Segunda Revolución Industrial puede considerarse a partir de la utilización de hidrocarburos, los que permitirían la creación de grandes ciudades industriales, capaces de tener tal cantidad de sobre-producción que el problema de los países industrializados llegó a ser, donde colocar dicha producción excedente. Hoy en día podemos hablar de una Tercera Revolución Industrial, originada en gran medida por el descubrimiento y aplicación de la energía nuclear en la producción de energía eléctrica, así como la robótica, genética, los adelantos espaciales, entre otras cosas.

La industrialización de una nación va en estrecha relación con la capacidad de utilizar en sus procesos industriales grandes cantidades de energía, la que está estrechamente ligada con el capital en general, se requiere en primera instancia de cantidades relativamente grandes de

financiamiento para la producción de energía y en segundo lugar una gran proporción del capital industrial se presenta en la forma de aparatos que producen y consumen energía.

En Japón en 1929, se contaba con 2 kilovatios de capacidad instalada en motores y otros aparatos que utilizan energía para cada trabajador, ocupado en manufacturas, por ejemplo. Mientras que en los Estados Unidos la instalación de motores en 1939, requería de 8.5 kilovatios por cada persona empleada en las mismas condiciones (10).

Si en estos países la energía hidráulica se desarrollara al máximo, se podría disponer de energía adicional equivalente a 0.03 kilovatios per cápita en China, o de 0.02 kilovatios en la India, 0.07 en Japón; 31 en Brasil. Así todas estas naciones podrían emprender una industrialización considerable, más aun así no se acercarían, tomadas individualmente, a un veintavo del consumo de energía per-cápita en los Estados Unidos.

Hasta ahora ningún tipo de energía puede brindar la esperanza de satisfacer las necesidades de la población mundial, sin embargo, la energía nuclear nos da grandes expectativas.

Para los países subdesarrollados, la energía nuclear también representa una alternativa muy atractiva debido al alto contenido energético en unidades de combustible nuclear.

Las naciones subdesarrolladas que en ocasiones son denominadas de diversas formas, para pasarlas a otro plano en la escala de desarrollo, han sido perjudicadas en varias ocasiones por la "maravilla de los nuevos descubrimientos técnicos" (11), como se le llamó a la energía nuclear en 1954, y durante varios años después, ahora como resultado de los enormes

(10) Hertzgaard Mark, Nuclear Inc.

(11) Kramish Arnold. El átomo pacífico en la Política Internacional, ed. Limusa-Wiley, México, 1966.

esfuerzos técnicos internacionales parecen ser más claras muchas de las facetas de la promesa de la energía atómica.

En relación a la participación de los países subdesarrollados, en la energía nuclear, se ha originado bastante polémica. El Dr. Hemi J. Bhabha, jefe del programa de energía nuclear de la India, expresó en la Conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en 1956 para la redacción del Estatuto del OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) "Las Salvaguardias actuales, tendrán su efecto máximo en el caso de los países técnicamente subdesarrollados, que son los que más necesitan ayuda externa para la creación de programas pacíficos de energía atómica y que no están en condiciones de fabricar armamentos atómicos, como casi todos los países de Asia, Africa, y América Latina, están en esas condiciones las salvaguardias actuales darán al Organismo facultades máximas de interferencia en esa zona" [12].

No obstante podría parecer que al vedar ciertas áreas del ciclo del combustible nuclear a los países que no cuentan con la posibilidad de producir armamento, se les convierte en países 100% dependientes. Esto podría ser únicamente durante algunas décadas o quizá solo unos cuantos años más. Países como Argentina y Brasil en el continente americano cuentan hoy en día con Plantas capaces de producir el ciclo total del uranio, desde su extracción, hasta su regeneración de desechos a combustible nuevamente utilizable, por lo cual la energía nuclear se presenta como una alternativa tan viable para las naciones industrializadas como para las naciones en vías de desarrollo.

1.3.1 *La importancia de la Energía Nuclear en el Desarrollo Socioeconómico*

La disponibilidad de recursos energéticos seguros, como hemos mencionado anteriormente, es esencial para asegurar el desarrollo económico

[12] Kramish Arnold. *Op. cit.* p. 300.

de cualquier país, y podemos atrevernos a decir que en particular de los países en desarrollo, ya que para enfrentar la crisis de energéticos, "los países industrializados se basan en la conservación de la energía y en tasas reducidas de aumento de consumo como medio para mitigar el problema de la oferta y demanda energética, así como en las reservas estratégicas, con las que cuentan gran parte de estas naciones; sin embargo los países en desarrollo no pueden adoptar dicho planteamiento. Estos constituyen más de las dos terceras partes de la población mundial; y cuentan únicamente con el 16% del consumo mundial de energía, mientras que el otro 84% de la energía es consumida por los países desarrollados, es decir por un tercio de la población mundial. Los Estados Unidos que representan el 6% de la población del mundo, consumen el 36% de la energía producida (13).

Todo esto nos hace pensar que existe un patrón desequilibrado de distribución energética entre los países industrializados y los países en vías de desarrollo.

Los países menos desarrollados necesitan de grandes capitales para construir una infraestructura energética adecuada, desafortunadamente tomaron conciencia de esta necesidad en una época de crisis, irónicamente no fue sino hasta hace unas décadas que los países del tercer mundo comprendieron la importancia de planificar el sector de energía, en base a períodos largos de tiempo; esto fue una consecuencia de la crisis energética de 1973, empezándose a apreciar la enorme importancia de los hidrocarburos en relación al desarrollo económico.

El drástico aumento en los precios del petróleo creó perturbaciones tanto en las naciones desarrolladas como en las subdesarrolladas, provocando una desaceleración en el crecimiento económico mundial; sin embargo, los países industrializados debido a su gran avance técnico pudieron

(13) Energy Needs in Developing Countries. Khan Muhr Ahmad, p. 1.

hacer frente al alza de hidrocarburos, situación que hoy en día se ha invertido, ya que muchas naciones no respetan los límites de producción asignados, inundando el mercado de petróleo, ocasionando la baja del precio de éste.

No obstante que el precio del petróleo no resulta un problema para el desarrollo, si lo es, el hecho de que éste es un recurso no renovable, y como hemos mencionado anteriormente, se calcula que el mundo cuenta con reservas capaces de satisfacer las necesidades globales para un para de décadas más por lo que la necesidad imperiosa de un energético alternativo, la comparten tanto naciones desarrolladas como subdesarrolladas, aunque estas últimas han sido un tanto renuentes a la utilización de recursos "No convencionales", dudan que puedan ofrecerles alguna solución a su problema, sin embargo el tercer mundo tiene una fuerte tendencia hacia la energía nuclear, como una forma práctica y durable de asegurarse un futuro energético para su desarrollo.

1.4 La Energía Nuclear, un factor político

Desde sus inicios la energía nuclear representó más que ser una alternativa energética, un elemento de poder mundial, cabe señalar que nos referimos a la energía nuclear en general, y no sólo aquella destinada para usos prácticos.

En sus primeros años los Estados Unidos controlaban el monopolio total de ésta, más tarde cuando los países de Europa Occidental y la Unión Soviética incursionaron en este sector los Estados Unidos tuvieron que ir cediendo ciertas concesiones, sin embargo esto no representó que la energía nuclear dejara de ser un factor de poder, sino todo lo contrario.

Posteriormente con el Tratado de No proliferación de Armas Nucleares, se reguló el uso de dicha energía, limitando ciertas áreas a las naciones no poseedoras de armas nucleares, mientras tanto los usos pacíficos de dicha energía se extendían por todo el mundo, sobre todo en la década de los sesentas y principios de los setentas. Naciones como la India, Pakistán, Irán, Irak, Brasil, Argentina, Libia entre otras, comenzaron ambiciosos planes nucleares que por un lado les resolverían un posible problema de energéticos (en el caso de Brasil y Argentina) pero sobre todo las colocaría a la vanguardia de sus respectivas regiones; aquí cabe analizar lo que el desarrollo nuclear ha representado para algunas naciones que durante años han tenido rivalidades antagónicas y han buscado convertirse en potencias regionales o intermedias.

1) **India.** La India obtuvo la cooperación canadiense en la construcción de su primer reactor de investigación, un reactor 400MWe de agua pesada, el cual comenzó a operar en 1956. Esta nación ha seguido un plan agresivo en cuanto a su desarrollo nuclear, buscando la autosuficiencia en la construcción y operación de sus reactores. Su estrategia se basó en las escasas reservas naturales de Uranio y en las vastas de torium.

La primera estación nuclear Hindá, localizada en Turapur cerca de

Bombay, cuenta con un reactor de agua ligera, proporcionado por los Estados Unidos, la estación empezó a operar en 1969.

La India siempre ha representado el papel de una subpotencia regional en el Asia Septentrional, posee además el ejército más poderoso de la región, su influencia en el área o inclusive a nivel mundial ha sido un factor que interesa de sobre manera a las dos superpotencias, principalmente por su ubicación estratégica frente al Océano Indico fuertemente co diciado por la Unión Soviética. Por otra parte la India es miembro funda dor del Movimiento de los Países "No Alineados" su ministro Nehru, conjun tamente con Tito, primer ministro de Yugoslavia y Naser, de Egipto, lleva ron las peticiones y demandas de las naciones subdesarrolladas a un Foro Internacional, hecho que le hace discrepar con los Estados Unidos, ponien do a la India en una situación un tanto conflictiva.

El conflicto India-Pakistán, que venía dándose, se agravó con los incidentes bélicos ocurridos en abril de 1965 en la región de Rannof Kulch, y en Otoño del mismo año en Cachemira. El conflicto se originó desde la creación misma del Estado de Pakistán, el cual fue un proyecto de los est diantes musulmanes radicados en Oxford, Inglaterra, que contando con ayuda británica crearon un Estado propiamente musulmán, con un Estado Sa- télite, Pakistán Occidental, el cual posteriormente se independizarla y se auto nombrarla República de Bangladesh, después de los conflictos de 1971-1972; estos antecedentes han creado un fuerte antagonismo y arraigada rivalidad entre ambas naciones, aunando a esto la divergencia en creen cias religiosas, y los problemas propios entre musulmanes e Hindús, te- niendo en la región a dos Estados que viven en constante lucha por lograr una hegemonía en el área.

La India empezó, como antes se señaló, a muy temprana edad a desarrollar su proyecto nuclear. El 18 de junio de 1974 llevó a cabo su primera explosión nuclear subterránea.

ii) Pakistán. Un reducido número de fuentes de energía motivaron a

este país a incursionar en el desarrollo nuclear. Su primer reactor fue un 125 MWe Candu, adquirido en Canadá en 1965, el cual comenzó a operar comercialmente en Kanupp, cerca de Karachi en 1972. Pakistán se negó a adoptar salvaguardias impuestas por Canadá, por lo que se le impuso un embargo de provisiones nucleares y de combustible, lo cual redujo la operación de su reactor. Posteriormente éste comenzó a funcionar con Uranio enriquecido nacionalmente.

Pakistán planea eventualmente proseguir con su desarrollo nuclear con la construcción de un reactor de agua ligera de 600 MWe que comenzó en Cashma (a 250 millas de Karachi) el cual fue suspendido por falta de capital.

Asimismo cuenta con uranio natural y una Planta enriquecedora en Cashma.

Pakistán logró su independencia de la India en 1947, como antes se mencionó; esto se debió a razones ideológicas, sin embargo la independencia no logró la paz en el área donde han tenido lugar importantes conflictos bélicos que incluso condujeron a la independencia de Bangla desh. Pakistán país de religión musulmana está fuertemente apoyado por Washington. Los Estados Unidos por medio de esta alianza logran equilibrar las fuerzas de los bloques, ya que la India se inclina en cierta forma hacia Moscú, principalmente a partir del segundo período del gobierno de Indira Gandhi.

Para Pakistán el emprender un programa nuclear también ha representado una forma de poder y sobre todo un fortalecimiento en la serie de conflictos que tiene con la India, nación que requiere de Plantas nucleoelectricas por carecer de fuentes de energéticos; sin embargo, la energía nuclear vuelve a jugar aquí un factor preponderantemente político, apuntando hacia el poder y la hegemonía".

iii) **Argentina.** Cuenta con el programa nuclear más avanzado en

América Latina y ha declarado sus intenciones de ser autosuficiente en todas las fases del ciclo nuclear. Tiene facilidades reprocesadoras. Le vendió a Perú un reactor de investigación y proporcionó ayuda técnica a Ecuador, Paraguay, Chile y Colombia.

Un reactor de 344 (MWe) ha estado operando en Attucha desde 1974, otro es el de 600 (MWe) en construcción el cual estará listo para 1988. Existe, asimismo la posibilidad de llevar a cabo un proyecto que incluye cuatro reactores más continuando así con el Programa Nuclear.

Argentina cuenta con importantes yacimientos de uranio. No es parte del tratado de "No Proliferación de Armas Atómicas" más sí aceptó las salvaguardias de la OIEA (Organización Internacional de Energía Atómica), además de haber firmado el tratado de Tlatelolco para la proscripción de armas nucleares en América Latina.

iv) **Brasil.** Como Argentina, esta nación desea una independencia total, está en los últimos pasos de la etapa de la construcción de un Reactor 626 MWe de la Westinghouse.

Esta planta como otros dos reactores en construcción se localizan a 100 millas al sur de Río de Janeiro.

Brasil ha firmado convenios de cooperación con Chile, Bolivia, Paraguay, Venezuela, Argentina y otras naciones del área. El programa brasileño se ha planteado bajo el total de salvaguardias.

Para Brasil como para otras naciones subdesarrolladas, la energía nuclear representa un factor de poder. En el caso brasileño quizá esto se dé de manera más perceptible, ya que es sin lugar a dudas una subpotencia regional.

A partir de la toma de poder de la elite política formada en la Escuela de Porto Alegre empezaron los intentos por un liderazgo en Latinoamérica, intensificándose con los gobiernos militares a partir de 1954.

El Ex-secretario de Estado Norteamericano Henry Kissinger dijo en una ocasión "Hacia donde se incline Brasil se inclina A.L.", lo cual refleja el papel hegemónico de esta nación en el área.

Brasil es además de subpotencia ideológica, una subpotencia económica ya que su planta industrial puede ser considerada como de una nación desarrollada. Situación que lo pone en un lugar preponderante, ya que naciones como Uruguay, Paraguay y Bolivia mantienen importantes relaciones económicas con grados de dependencia con este gigante americano.

"It appears that fissionable materials might satisfy all energy requirements that might be validly presented for thousands of centuries. Unfortunately, there are certain disadvantages in their use. Even in the absence of these drawbacks, the importance of the problems justifies a multiple attack".

David J. Rose

II RIESGOS DE LA ENERGIA NUCLEAR

2.1 Origen y causas de la Contaminación Nuclear

¿Qué es la Contaminación?

"La contaminación es la alteración de las aguas, del aire, de los alimentos, etcétera, por las actividades del hombre. Los cursos de agua son contaminados por los desechos de las poblaciones, los detergentes domésticos, los insecticidas agrícolas y los productos químicos vertidos por las fábricas ribereñas. La atmósfera lo es por los humos de los hogares, las industrias, los gases de escape de los automóviles y de vapores de la industria química o de las refinerías de petróleo. Al mal afluyen los contaminantes de los ríos, así como de las fábricas.

Podemos decir que contaminación es cualquier modificación al medio ambiente que altere la naturaleza de su ecosistema, los peligros que hacen correr a la humanidad los diferentes contaminantes, requieren medidas preventivas, tratamientos de las aguas y de los humos industriales, depuración de los gases de escape de automóviles, prohibición de los detergentes no biodegradables, etc." [14].

[14] Enciclopedia Técnica Científica.

La contaminación de la atmósfera es un problema mundial vinculado con la industrialización y el aumento de vehículos motorizados de combustión interna, objeto de Conferencias Internacionales sobre el tema de la influencia perjudicial de la contaminación del aire sobre el organismo humano y sobre el medio natural (15).

Contaminación de las aguas, este es también un problema mundial que se intensificó a partir de este siglo, vinculado con el movimiento creciente de naves y buques y tanques, en los mares y en las aguas interiores, con la industrialización, la eliminación de residuos industriales, a menudo venenosos por medio de su descarga en lagos, ríos, lagunas, lo que ha originado la exterminación o degeneración de peces y vegetación subacuática, objeto de convenciones internacionales, organizadas para luchar contra dicha contaminación de las aguas.

La contaminación implica la introducción directa e indirecta de sustancias o energéticos al medio ambiente, de lo cual surge el riesgo de ocasionar daño a la salud humana, y a los recursos animales y vegetales, impidiendo el adecuado aprovechamiento de los mares y en general disminuyendo el valor útil de las aguas marinas (16).

Contaminación Nuclear

Anteriormente se transcriben dos definiciones de contaminación, y es claro que este fenómeno es un efecto nocivo del hombre sobre el ecosistema.

Las estaciones nucleares evaden muchos de los problemas ambientales de las plantas de combustibles fósiles, no existen humos, cenizas de gases, son plantas más pequeñas y más agradables, además de que el transporte de combustibles no es tan frecuente y no existen tanques que pudieran

(15) Enciclopedia de Relaciones Internacionales p. 1069.

(16) Ibidem., p.1070.

sufrir escapes, sin embargo, este tipo de Centrales Nucleares comparten dos graves problemas con las Plantas termoeléctricas, la contaminación térmica (transmisión lineal), más un grave factor que es la radiación de los productos de desecho provenientes de la fisión nuclear, lo cual en el medio ambiente puede causar serios problemas, tanto para el ecosistema en sí, como para la vida humana.

"Las circunstancias bajo las cuales podrían liberarse productos radioactivos con resultados perjudiciales son muy variadas, los isótopos empleados en la medicina y en la industria pueden quedar fuera de su sitio; un reactor nuclear puede sufrir un accidente; una capsula mal diseñada para la disposición de desechos radioactivos podría romperse bajo tierra o en el fondo marino, a pesar de todas las precauciones, siempre habrá liberaciones accidentales de materiales radioactivos. Aquellos que no quieran correr los pequeños riesgos radioactivos, deben estar preparados también para prescindir de los grandes beneficios que pueden proporcionar las aplicaciones pacíficas de la energía atómica" (17).

De esta forma, la energía atómica, importante generadora de electricidad, que es quizá el cambio más significativo de las estructuras de suministro de las fuentes energéticas, siendo además utilizada como recurso directo de calor, calor de bajas temperaturas obtenido en las turbinas de las Centrales, genera durante su funcionamiento desechos radioactivos, los cuales varían en volumen, composición y radioactividad, por su parte los desechos procedentes de las operaciones de extracción y tratamiento del mineral sólo poseen bajas cantidades de material radioactivo natural, más su volumen es considerable, lo que ha originado todo un sistema de emplazamientos de desechos radioactivos, altamente seguros.

(17) Kramish Arnold. El átomo pacífico. Ed. Limusa-Willey, México, 1966, p. 86.

2.2 Costo Ecológico

Impacto sobre el medio ambiente

A lo largo de décadas se han realizado estudios que evalúan tanto los daños como las causas de dicha contaminación, llegando a lineamientos determinados como el considerar: qué grado de contaminación se produce en la creación de energía y en su utilización, se debe así mismo distinguir la contaminación en sus aspectos cualitativos y cuantitativos. El hecho de que al utilizarse grandes plantas de producción de energéticos se dará lugar a grandes impactos de costo ecológico y económico (por lo general muy cuantiosos).

Los problemas energéticos ambientales son de ámbito mundial, ya que no respetan fronteras, sobresaliendo la producción de energía, que origina el agotamiento de la biomasa, las posibles modificaciones al clima y a las capas de ozono.

Uno de los primeros efectos estudiados sobre la producción de energía, fueron los causados por el Carbón (CO_2) que al quemarse produce el efecto de "Invernadero", es decir, que el CO_2 casi transparente a los rayos solares absorbe en forma parcial las radiaciones infrarrojas, originando el calentamiento de la baja atmósfera.

El segundo problema de esfera internacional es la reducción de la capa de ozono en la estratosfera, agentes como aviones supersónicos, sprays, atomizadores, etc., provocan la disminución de ozono, el cual filtra los rayos ultravioletas provenientes del sol, llegando éstos en mayor proporción a la superficie terrestre, lo que además de ocasionar un sobrecalentamiento de la tierra podría dar lugar a graves quemaduras y enfermedades en la piel e incluso aumentar el porcentaje de cáncer de piel.

Un tercer problema se manifiesta a escala cósmica y es el mal uso

de la energía nuclear, por ejemplo las pruebas nucleares, ya que las radiaciones ionizantes son de gran difusión, por ello están prohibidas las pruebas nucleares en el espacio exterior.

En el aspecto socio-económico los impactos de la energía nuclear son relevantes por sus costos y el gran volumen de recursos que requiere. En el aspecto geobiológico los daños son tan profundos que es necesario estudiarlos detenidamente, lo que ha ocasionado "el plato fuerte de la problemática ambiental" (18).

Como se vio en el primer capítulo, la energía nuclear proviene de la fisión de un átomo, la ruptura de un núcleo pesado como consecuencia de la acción de un neutrón libre sobre él. Cuando el núcleo capta este neutrón libre se produce un desequilibrio y el núcleo se parte liberando cierta energía en forma de calor, la que es utilizada para producir vapor. En un reactor la velocidad de fisión es controlada tanto para producir una determinada cantidad de energía como para tener control sobre la velocidad de emisión de neutrones y núcleos. El papel del moderador es frenar los neutrones rápidos para que sean lentos; los más utilizados son el grafito, el agua pesada y el agua ligera. En el ciclo de un reactor es precisamente en el retorno del vapor para condensarse donde se ve a producir la contaminación térmica, hasta aquí la contaminación es sólo calor sin partículas radioactivas.

El consumo de agua, dada las cantidades requeridas por el condensador, es muy alto por lo cual se buscan emplazamientos cercanos al mar o donde haya caudales de suficiente agua. Tecnológicamente cabe la posibilidad de introducir torres de refrigeración pero esto resulta sumamente costoso, lo cual podría añadir un incremento del 7 u 8% de los costos de la central.

En cuanto al futuro de la energía nuclear, que puede ser extraordi-

(18) Estevan Bolea Maria Teresa. Impacto ambiental en las Centrales Nucleares, Cuadernos Cifca, Madrid, 1978.

nario, basta mencionar los reactores rápidos que aprovechan el uranio en un 60 a 70%. Se cree que a partir de 1990-95 los reactores rápidos productores podrán cubrir un importante porcentaje de la potencia energética, ya que al transformarse el Uranio en Plutonio se contará con enormes reservas de combustible nuclear.

Problemas ambientales del Ciclo nuclear

En la explotación de la energía nuclear resultan una serie de problemas relacionados con las distintas etapas del ciclo de fisión nuclear, en el caso de los reactores de agua ligera se tienen las siguientes fases:

- minería del uranio.
- fabricación de concentrados de uranio.
- fabricación de hexafluoruro del uranio en la central térmica.

El concepto de impacto ambiental y su evaluación tienen un contexto muy amplio ya que deben considerarse aspectos ecológicos, fisicoquímicos, socioculturales y económicos, así como la participación de la opinión pública.

Puntos que están dentro de los aspectos físico-químicos son:

- la acción de las radiaciones ionizantes.
- la contaminación térmica. A más de los aspectos ecológicos, socioculturales y socioeconómicos.

"Por lo que se refiere al primer punto, es necesario tomar en cuenta la naturaleza de las radiaciones ionizantes emitidas por sustancias radioactivas. La radiación puede ser corpuscular u ondulatoria. En el primer caso los rayos alfa (α) o los rayos beta (β)"

Los rayos o partículas alfa tienen carga positiva y son núcleos de elementos radioactivos a gran velocidad (20 km/seg) poseen además gran cantidad de energía, más son detenidos por barreras tan ligeras como una hoja de papel.

Los rayos o partículas beta son electrones o protones que tienen una carga de una unidad negativa o positiva, son emitidos por los núcleos de los átomos a velocidades próximas a la luz. La energía de las partículas beta es menos que la de las partículas alfa más son más penetrables siendo absorbidas totalmente por una placa de aluminio.

Existe una tercera forma de rayos, los llamados gamma, los cuales por su gran penetración deben ser contenidos por placas de plomo o acero. Estos rayos son sumamente útiles en la producción de energía nucleoelectrónica.

El hombre como todo ser vivo está expuesto a la radio-exposición natural en los diversos medios en los que se desenvuelva. Puede estar sometido a la radioexposición por dos caminos:

- a) a través de una irradiación externa debida a los radionucleidos existentes en el exterior o que están en contacto con la piel; y
- b) a través de una irradiación interna por los radionucleidos que penetran en el interior del organismo.

El problema radica entonces en la cantidad o dosis de radiación a la que puede estar sometido el ser humano sin que se presenten efectos secundarios.

En relación a las plantas nucleares y a los efectos que pudieran causar a los habitantes del área, señala un estudio realizado en Estados Unidos, que del total de Centrales Nucleares sólo dan lugar a un aumento de un 0.0035 de radiaciones ionizantes. Un norteamericano normal está expuesto a 250 mrem (roentgen equivalente man); si a esto añadimos las radiaciones de las nucleoelectricas en los E.E.U.U., su exposición es de 250.0035 mrem.

Consideraciones sobre el Impacto Ecológico

i) Contaminación Atmosférica. En este apartado sólo tomamos en cuenta los reactores de agua ligera [19]. Las emisiones a la atmósfera procedentes de las centrales nucleares están constituidas por sustancias radioactivas formadas en el reactor, ya sea como resultado de la fisión o de la desintegración sucesiva de los fragmentos de fisión o por activación de los materiales estructurales.

Como consecuencia de la desintegración pueden generarse más de 3300 radionucleidos.

Las sustancias radioactivas llegan al exterior como una necesaria desgasificación del refrigerante, así como a través de la barrera de presión y su consiguiente evaporación de polvos o líquidos de las superficies contaminadas.

Es de suma importancia considerar el estado del combustible del reactor que al aumentar el grado de quemado, aumenta la contaminación del refrigerante; el comportamiento de las sustancias radioactivas en el medio ambiente responde a tres grupos principalmente como son: los gases nobles, las partículas y vapores y los gases.

Los gases nobles químicamente son inertes y no entran en el metabolismo de los organismos, por lo que no afectan la cadena alimenticia, las partículas por su parte son pequeños corpúsculos generalmente de materia radioactiva. Estos pueden sobrellevarse por medio de filtros para la depuración de las emisiones gaseosas y para el control de estas partículas.

Tanto las partículas como los vapores y gases deben contar con medidas anticontaminantes adecuadas debido a sus incidencias en los sistemas radiactivos, más que por la radiación externa ya que muchos de ellos pueden ser metabolizados por el organismo.

[19] Estévan Bolea María Teresa. Op. cit.

ii) Contaminación del Agua. El medio acuático además de ser afectado por la actividad radiactiva que puede presentarse en las aguas del medio receptor y del incremento de temperatura debido a la emisión del calor, se da por una introducción de productos químicos que como los biocidas antioxidantes cuya concentración en el cauce receptor no es muy grande, más si es necesario determinar las concentraciones finales resultantes y sus posibles efectos sobre el medio.

El problema de mayor dificultad con la que tropieza una planta nuclear es el de la contaminación térmica. Los efectos de esta sobre emisión de calor afectan en primer grado al componente biótico (para entender el término se señala que los seres vivos se organizan en dos componentes: biótico el vivo y abiótico, o no vivo).

El ecosistema como medio bien organizado cuenta con varias funciones que cumplir; en primer lugar tenemos a los productores primarios o fitófagos y después a los productores secundarios zoófagos, a los que corresponden tanto los vegetales que utilizan la biomasa como alimento, como los zoófagos que emplean la biomasa animal. La pregunta que nos hacemos es, ¿Cómo afecta un aumento de temperatura en este medio? El oxígeno disuelto en el agua es uno de los indicadores del impacto ya que al disminuir éste, se origina una inmediata contaminación orgánica.

En aguas puras el efecto del aumento de calor no es nocivo más en aguas contaminadas con sustancias químicas, el efecto es considerable ya que se reduce en grandes proporciones el crecimiento de los microorganismos y posteriormente se origina su muerte. El aumento de la temperatura también dificulta la asimilación de residuos, por los microorganismos.

En resumen la disminución de la cantidad de oxígeno, es uno de los principales efectos de la contaminación térmica en el medio acuático, a más de variar la densidad, viscosidad, tensión superficial y de vapor, etc., al aumentar la temperatura disminuye la capacidad del agua para disolver el oxígeno.

Cabría pensar en qué proporción está afectando esta contaminación a la vida marina, específicamente a los peces. Según estudios realizados en Hanford, E.E.U.U. no es previsible una disminución de la cantidad de peces ya que en su mayoría tienden a desplazarse y es difícil que resulten afectados, y aún más difícil detectar el grado de daño que se les ha causado.

"La disminución de los efectos térmicos sobre los ecosistemas viene dada por el cumplimiento de las especificaciones que se fijen, relativas al aumento de temperatura en los diversos ecosistemas" (20).

En el caso de las centrales localizadas en el mar esto se satisface aumentando el caudal del refrigerante y en el de las centrales localizadas junto a ríos, se lleva un estudio del caudal lo cual indicará un posible uso del circuito abierto.

En el circuito abierto, el agua de refrigeración que se utiliza para condensar el vapor se vierte directamente al mar, se requieren por lo tanto grandes cantidades de agua.

En el circuito cerrado, el agua de refrigeración se recircula una vez que se pierde el calor que ha adquirido el condensador.

El segundo problema que presenta el ciclo nuclear para el medio acuático es la contaminación por medio de radionucleidos presentes en los líquidos residuales que se vierten en ellas (sólidos) los diversos afluentes dependen al igual que en las emisiones gaseosas del tipo de reactor y de las condiciones de su diseño.

Los residuos radiactivos sólidos, tanto los producidos originalmente, así como los modificados a este estado, tienen tres fases:

(20) Estevan Bolea María Teresa, Op. cit.

- La primera corresponde a los residuos que diariamente genera la central en su normal funcionamiento.
- La segunda fase corresponde al transporte y manipulación de los residuos radiactivos salidos a operaciones realizadas bajo medidas de seguridad establecidas.
- La tercera fase corresponde al almacenaje final de las materias radiactivas residuales.

2.2.1 Radiobiología, efectos en el hombre

Para evaluar la repercusión de las radiaciones ionizantes en el hombre y en el medio ambiente es preciso contar con un estudio de los factores biológicos que intervienen en las repercusiones.

Para canalizar los efectos en el hombre se procede a:

1. Al tener conocimiento preciso de las cantidades de sustancias radiactivas y su transferencia, entonces es posible evaluar las dosis absorbidas, debido a la exposición interna y externa así como las dosis equivalente efectiva.

2. La segunda evaluación en la descarga de materiales radiactivos consiste en convertir la cantidad de sustancias liberadas en dosis cuantificadas de radiación; estas estimaciones también se utilizan para evaluar el detrimento de la salud de una población donde se define una dosis equivalente colectiva.

Efectos biológicos. Los efectos de las radiaciones en el hombre se clasifican en somáticos, los que se manifiestan en la persona expuesta y los genéticos o hereditarios que afectan a las células germinales que se manifiestan en la descendencia.

a) **Efectos Somáticos.** Estos se deben en términos muy generales a la inactivación de un gran número de células afectadas por radiación, lo

cual en cierta forma no resulta tan grave ya que los tejidos tienden a sufrir una importante recuperación salvo a órganos específicos, sin embargo, si la radiación afecta a un individuo en desarrollo o a un embrión, entonces sí se da lugar a efectos somáticos trascendentes.

Los efectos somáticos estocásticos son los que comprenden enfermedades malignas como la leucemia y tumores sólidos, así como efectos en la glándula tiroides, que aparecen años después a la exposición.

b) Efectos hereditarios. Son también estocásticos por su carácter y se presentan en la progenie de las personas irradiadas como consecuencia de daños al material genético de las células germinales. Con respecto a los mecanismos de inducción, los efectos hereditarios se definen como mutaciones cuando afectan a uno o algunos caracteres genéticos; como aberraciones cromosómicas cuando implican una reorganización de grandes secciones de cromosomas que son el soporte de dichos caracteres.

Los efectos genéticos aparecen en la primera generación de las personas irradiadas, en cuyo caso se llaman dominantes, o en otra generación posterior cuando el daño radionúclido de uno de los dos progenitores pertenece al mismo tipo de daño que puede encontrarse presente en el genoma del progenitor.

Los estudios a células humanas y a otros cultivos atóxicos indican, sin embargo que la inducción de aberraciones cromosómicas sigue un tipo parecido de lo que se puede llegar a inferir el peligro para los seres humanos, teniendo en cuenta el tamaño calculado del gen humano en comparación con el de un animal de laboratorio.

Protección Radiológica

"Los criterios de protección radiológica de la CIPR [Comisión Internacional de Protección Radiológica] (21), se basan en los puntos citados a

(21) Estevan Bolca María Teresa, *Op. cit.*

continuación:

- Justificar cada fuente de exposición en relación con sus beneficios o con lo que ofrece cualquier fuente disponible.
- Mantener toda exposición necesaria al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse.
- Las dosis equivalentes recibidas no deben exceder los límites especificados.

En principio estos requisitos cita la OTEA se aplican a todas las fuentes de radiación aunque en la práctica existen límites evidentes.

En el caso de emplear radiaciones en medicina estas quedan a juicio clínico y no es apropiado establecer los límites de dosis individuales.

Las justificaciones de las prácticas hace necesario tomar en consideración los efectos perjudiciales al decidir si los métodos u operaciones propuestas son aceptables.

Limitaciones a las dosis individuales. Según el límite recomendado por la CIPR para la protección de los trabajadores, la dosis efectiva anual a un trabajador cualquiera no debe exceder a 5 rem^[22] a fin de limitar la aparición de efectos estocásticos.

Estos límites de dosis comprenden la exposición a fuentes naturales o a un procedimiento médico, así podría lograrse un grado mayor de seguridad en relación a otro tipo de industria. Sin embargo mediante las medidas de la CIPR, sólo pueden asegurarse que la exposición del trabajador no ocasione daños.

"La protección radiológica de los trabajadores de la industria nuclear se basa en la suspensión constante de las condiciones del trabajo,

[22] Richard Nilson, William J. Jones, Energy, Ecology and the Environment, academic press Inc., London, N.V., p. 241.

junto con el monitoraje de las exposiciones individuales y la vigilancia médica de la salud de los trabajadores" [23].

Las formas de prevenir la contaminación y los daños a trabajadores, desempeñan un papel preponderante para la seguridad pública.

Todos los trabajadores deben de estar altamente capacitados y recibir información sobre los riesgos, además de que es imprescindible una adecuada ventilación del área de trabajo.

Por otro lado la vigilancia médica, es un punto fundamental y es necesario seguir los siguientes procedimientos:

- Exámenes o tratamientos directamente relacionados con enfermedades.
- Exámenes sistemáticos realizados a los fines de detección en masa o de verificaciones periódicas.
- Exámenes o tratamientos que formen parte de un programa de investigación médica.
- Exámenes que formen parte de vigilancia médica de los trabajadores, efectuado con fines de medicina legal o de seguros.

La vigilancia que se tenga sobre el medio ambiente es un factor de verificación para demostrar que el control de las descargas de sustancias radiactivas en el medio ambiente, funciona como previsto en las condiciones normales de trabajo, así como medida de protección al público en caso de accidente.

- El sistema de vigilancia de efluentes, se utiliza para medir las descargas aerotransportadas y líquidos lo más cercanos al punto de descarga.
- Aun cuando los detectores de radiaciones sean lo más sensible posible, es difícil medir las radiaciones externas o las concentraciones de radionucleidos en el medio ambiente, atribuibles a descargas efectuadas

[23] OIEA, La Energía Nuclear en el medio ambiente y el hombre, p. 87.

en instalaciones nucleares en condiciones normales de funcionamiento, por lo tanto a menudo se calculan las dosis de la población a partir de las descargas conocidas de materiales radiactivos.

2.3 La problemática de los desechos

El problema más relevante al que se enfrentan los defensores e impulsores del desarrollo nuclear es sin duda el tratamiento adecuado de los desechos radiactivos.

Muchos ambientalistas y ecologistas hablan de esto como un mal irremediable que estamos legando a generaciones futuras y aunque algo de cierto hay en esto, no es precisamente verdad.

Estos grupos de ecologistas plantean tres graves tesis en contra del desarrollo nuclear:

En primer lugar la seguridad o protección contra la liberación excesiva de radiactividad y otros accidentes derivados de los reactores nucleares e instalaciones afines.

En segundo término, salvaguardas o sea la prevención de accidentes robos y actividades terroristas.

Y en último lugar el tratamiento de los desechos o eliminación segura de materiales radiactivos durante cientos o miles de años.

Retomando el primer punto, la idea de que el ciclo de un reactor nuclear y el posible escape de material radiactivo, resulta un hábito común para los antinucleares. Como se mencionó en puntos anteriores de este capítulo, la radiación que generan las centrales y sus efectos en el hombre son mínimas, de tal forma que no es factible precisar ningún efecto secundario, siempre y cuando no haya exposición directa, claro está, y una excesiva cantidad de radiación en el ambiente.

La creencia de que una planta nuclear llegará a explotar como una bomba es hoy en día totalmente rechazada sobre todo tomando en cuenta el grado de enriquecimiento del combustible de una planta nucleoelectrónica, el cual es mínimo.

El derretimiento de una planta comenzarla con la fractura de uno de los tubos que conducen el agua caliente o el vapor desde el núcleo del reactor, hasta un cambiador o una turbina. Todos los reactores cuentan con duplicados para suministrar agua más, si esto ocurriera no se dispararía el calor proveniente de los productos de fisión contenidos en el núcleo y comenzaría a fundirse el combustible, el recipiente que cubre el reactor está diseñado para cubrir los efectos de esto, más si fallara, la estructura de contención en forma de domo está hecha para contener los productos radiactivos.

En cuanto al posible terrorismo que pudiera presentarse, utilizando uranio como medida de presión, he señalado que la mayor parte de las centrales nucleares que operan en el mundo, utilizan uranio enriquecido de un 3 a 10% lo cual es inoperable para la fabricación de una bomba, la que requiere uranio enriquecido en un 90% y tan sólo el 3% de las plantas en el mundo operan con este tipo de combustible.

Por otra parte desde el mismo surgimiento de la energía nuclear empezaron a constituirse organizaciones tanto regionales como internacionales que reglamentaron el uso de la energía nuclear, creando salvaguardas y normas reguladoras para el buen uso de tal energía.

Es muy difícil excluir el terrorismo como un factor de peligro, sin embargo por probabilidades es casi descartado.

Pasando al último punto y el cual nos ocupa en este apartado, la problemática de los desechos y materiales radiactivos, creemos que a más de ser un punto clave para el buen desarrollo nuclear, se ha exagerado al respecto. En este capítulo se analizarán tanto sus características como los métodos y medidas que se toman para su tratamiento realizadas en distintos países.

"Aún cuando todos los usos de la energía nuclear fueran a cesar mañana, ello no significaría ningún cambio fundamental en el problema del

tratamiento de desechos radiactivos, seguirla siendo un asunto serio y confuso con importantes implicaciones en el campo de la seguridad" (24).

En su mayoría los países carecen de instalaciones completas para llevar a cabo el ciclo del reactor, faltan etapas como podrían ser la regeneración, recirculación y la eliminación de desperdicios.

Si el plutonio o el uranio son separados del combustible agotado para su recirculación o debido tratamiento, y si estos desechos altamente radiactivos fuesen adecuadamente tratados y envasados, el problema estará en gran parte bajo control.

Los materiales radiactivos de alto nivel se generan tanto al funcionar reactores nucleares como al entrar en operación instalaciones militares y comerciales de regeneración de combustible agotado. Estos materiales de alto nivel contienen productos de fisión que deben ser aislados durante un periodo de 600 a mil años. Así como los elementos transuránicos o actínidos que requieren aislamiento de 250 a 500 000 años.

"Los materiales radiactivos de alto nivel se definen comúnmente como aquellos que poseen concentraciones de radiactividad del orden de centenares a miles de curies" (25).

Los desechos de nivel alto son precisamente los más complejos de tratar, en los primeros 10 a 20 años, cuando estos emiten altos niveles de energía por pie cúbico se requiere de un enfriamiento activo, sin remover el calor ya que la desintegración radiactiva irá produciendo calor suficiente para que comiencen a ebullición desechos líquidos de alto nivel.

Se habla de tres periodos de tiempo que categorizan el nivel de calor generado por la radiactividad y la radiodesintegración de estos

(24) Véase David, Energía Nuclear y Desechos Radiactivos, p. 21.

(25) Ibidem.

desechos, ya sean de desechos de combustible agotado o de desechos de regeneración de alto nivel.

En el primer periodo que va de 3 a 6 años se requiere una manipulación o distancia debido al alto grado de generación de calor.

"Los haces de combustible agotado contienen grandes cantidades de uranio y plutonio de larga vida, así como productos de fisión" (26).

El periodo siguiente se inicia cuando la mayor parte de los productos de fisión se han desintegrado significativamente y la generación de calor ha dejado de ser un problema; esta etapa es la más larga en la vida de los desechos de alto nivel provenientes de la regeneración y las últimas etapas de la desintegración de los haces de combustible agotado, situación que se extenderá más allá de los 100 años.

La categoría de desechos de bajo nivel incluye el equipo y materiales contaminados en todo el ciclo nuclear tanto para la producción de energía como para la fabricación de armas.

La categoría de desechos de nivel medio es la última e incluye una extensa variedad de materiales tanto de desperdicios transuránicos de bajo nivel hasta de alto nivel; aunque este tipo de desechos requiere también un manejo a distancia, su generación de calor es relativamente baja.

El volumen de desechos de bajo nivel es pequeño, estos se almacenan en forma sólida y se requiere de un tratamiento similar al de los desechos de alto nivel.

El verdadero problema de los desechos de alto nivel radiactivamente calientes estriba en los productos sumamente tóxicos que contienen la

(26) Ibidem. 3

mayor parte de los desechos de la fisión. Estos componentes complican su tratamiento ya que no es posible enterrarlos en fosas de 6 metros de profundidad pues puede darse una permeabilidad desde los sitios de entierro hasta las aguas superficiales y freáticas" (27).

En el caso de los desechos de medio y bajo nivel, resulta arbitrario plantear un tratamiento menos seguro ya que por sus volúmenes el problema podría ser más grave que el de los desechos de alto nivel.

Aunque toda la atención esté concentrada en los desechos de alta radiactividad provenientes de la regeneración de combustible, es preciso considerar ahora seriamente los desechos de alto nivel de combustible agotado y los materiales de bajo nivel.

Típos de Desechos Radiactivos

"Para clasificar los desechos radiactivos pueden adoptarse criterios diversos; son desechos de alta actividad los procedentes de la reelección o regeneración de combustible. Los desechos de categoría dos son los provenientes de las vainas de elementos combustibles o material altamente contaminado.

"La tercera categoría comprende los desechos con niveles significativos de radionucleidos que son emisores alfa de períodos largos más de actividad beta-gama baja" (28).

Los problemas de desechos que enfrenta cada país depende de su participación en las diversas etapas del ciclo nuclear.

1) Características y tratamiento de los desechos de alta actividad, beta-gama.

[27] Freáticas relativo o perteneciente a pozo, dicese de las aguas subterráneas, cuando ningún estrato impermeable se interpone entre ellas y la superficie.

[28] OIEA, la energía... Op. cit., p. 118.

La mayor parte de esta categoría de desperdicios radiactivos proviene directamente de los productos de fisión, partículas que se desprenden en la propia fisión nuclear. La otra parte son los productos de activación orgánica, o sea los elementos de las vainas de combustible o estructura circundantes.

"Emisores alfa, las fuentes principales de emisión alfa son los isótopos transuránicos producidos en el combustible, por absorción neutrónica y sus descendientes, comprenden isótopos de neptunio, plutonio, americio, curio, etc., la desintegración de la emisión beta-gama conduce inmediatamente a un isótopo estable, mientras que la de una emisión alfa suele conducir a una acumulación a largo plazo" [29].

ii) Tratamiento de desechos de Alta Actividad. Almacenamiento, aun que han existido varios planteamientos, el más usual es un almacenamiento que tiene lugar en la superficie de la tierra, al que se conoce como almacenamiento en instalaciones tecnológicas, el cual presenta dos grandes ventajas; en primer lugar facilita la refrigeración de desechos sólidos, además de dar tiempo para evaluar el método más adecuado de evacuación definitiva.

A continuación se describen algunos métodos de evacuación propios de contaminantes de alto nivel radiactivo. La evacuación de este tipo de desechos requiere que sean aislados de la biosfera durante períodos muy largos de tiempo, dando espacio para mermar su potencial radiactivo.

Evacuación Geológica. Este tipo de evacuación ha sido de gran aceptación general, se buscan emplazamientos geológicos de gran estabilidad, algunos países hacen arduos estudios y crean cementerios radiactivos. Estos emplazamientos deben cumplir con los siguientes puntos que el sistema natural de barreras comprenda: una roca hospedante, una formación ecológica circundante en el entorno ecológico que persigue lo siguiente:

[29] - Ibidem.

minimizar la posibilidad de agua y la migración de radionucleidos que pudieran emitirse.

Las formaciones de sal resultan sumamente adecuadas para los comen-
terios ya que son formaciones de cientos de años de estabilidad y esto
prueba su aislamiento de corrientes de agua, más la estabilización de las
aperturas del túnel representa su desventaja.

Evacuación en Mantos de Hielo. Esta posibilidad no ha contado con
gran aceptación, ya que cabe la posibilidad de cambios en el medio am-
biente de los bloques estables y sólidos que componen esta área.

El tratado del Antártico de 1959, prohíbe la eliminación de dese-
chos radiactivos en esta área.

Evacuación por medio de la proyección al espacio. Es otra alterna-
tiva que no cuenta con apoyo, a pesar de que se propuso separar y embalar
los radionucleidos de período largo para situarlos en órbita, cabe la po-
sibilidad de un accidente, lo cual provocaría un vertimiento de desechos
en la tierra de forma incontrolada.

Evacuación por empozamiento. Hay dos métodos que se utilizan para
el empozamiento de desechos de actividad baja o media y se han sugerido
así mismo para los de alta actividad, me refiero a la evacuación directa.

En el primer caso los desechos ácidos se pasarían por un bombeo de
estratos porosos o saturados a una gran profundidad de 500 a 5000 metros,
de forma tal que queden impermeables y aislados. Los desechos continua-
rían en estado líquido, se dispararían, se difundirían y reaccionarían en
el medio ambiente.

Cabe tomar en cuenta la posibilidad de que ciertos radionucleidos
regresasen a la atmósfera y la posibilidad de una reconcentración de plu-
tonio con la remota idea de una criticidad.

El segundo método consiste en inyectar en una pizarra arcillosa pre fabricada, una lechada de relleno que contuviera los desechos. Los desechos líquidos se mezclarían con cemento y arcilla, lo cual se inyectaría posteriormente en las formaciones de arcilla a profundidades de 300 a 500 metros de fondo, se solidificarían formando discos delgados y sólidos.

Eliminación en el Subfondo del Mar. Este método se ha venido practicando desde años atrás, sin embargo países como Estados Unidos, lo suspendieron por considerarlo riesgoso.

Sin embargo recientemente investigadores norteamericanos han propuesto el subfondo norteamericano como un medio seguro, debido a los lechos de arcilla que en él existen, los cuales son sumamente permeables para de sechos de alto nivel, así como para desechos de mediano y bajo nivel.

iii) Tratamiento de desechos de bajo nivel. Aunque en apariencia es este tipo de desechos no representa un problema de primera magnitud no hay que olvidar que por el volumen de desechos de bajo nivel que se generan, el peligro se acentúa.

Si bien se está haciendo grandes esfuerzos para descargar los desechos gaseosos de materiales como yodo, tritio, etc., los cuales representan un problema a futuro, aún los logros no son del todo prometedores; por lo que los desechos gaseosos continúan siendo un factor problemático que debe ser considerado en búsqueda de soluciones más concretas.

En el caso de los desechos sólidos, grandes concentraciones son com pactadas y a menudo quemadas, antes de encerrarlos en tambores de acero para luego depositarlo en zanjas geológicas o descargarlas en el mar. An tes de arrojar estos desechos se recubren con hormigón o asfalto.

iv) Tratamiento de desechos de nivel medio. Se ha fijado en algunos países la categoría de desechos de nivel intermedio, los que son convirti dos y posteriormente en desechos de alto nivel o bien se concentran y

neutralizan. Tal vez bajo una forma bitumigosa, para su almacenamiento en tanques.

La mayoría de los países carecen de un plan verdadero para la eliminación de desperdicios de nivel medio.

2.3.1 Tratamiento de desechos de alta, media y baja actividad

El tratamiento de los desechos y materiales radiactivos procedentes tanto de plantas nucleoelectricas como plantas para la fabricación de instrumentos básicos, representa, como señalé anteriormente, el primer problema en orden de importancia para las naciones nucleares o las que están en vías de contar con un desarrollo nuclear próximo.

Estados como Francia y Estados Unidos, cuentan con importantes plantas de regeneración de desechos que a más de ser una posibilidad a la solución de desechos, representa un impulso a su planta económica.

Más errores de índole administrativo o políticos han frenado y deteriorado los programas de regeneración y tratamiento de desechos en muchos otros países.

i) Tratamiento de Desechos en Gran Bretaña. Responsabilidades confusas y falta de prioridad han desarticulado, como antes mencioné, los programas británicos de tratamiento de desechos.

El informe de 1976 de la Comisión Real de Contaminación ambiental dado a conocer poco antes del informe norteamericano, recomendaba el establecimiento de una Corporación independiente para el tratamiento de desechos a fin de corregir la situación de desconcierto al respecto en la nación.

Los ingleses han aceptado que es indispensable un adecuado manejo de los materiales de desperdicio. Cuentan con una planta de reelaboración

en Sellafield y otra en Donreay, los desechos líquidos se almacenan en tanques de acero inoxidable, hay planes de vitrificación y almacenamiento por largos períodos de tiempo.

El Gobierno Inglés creó "The Nuclear Industry Radioactive Waste Executive" (NIREX) encargado de planificar y proporcionar las instalaciones adecuadas para el desalojo del material vitrificado.

El problema de estancamiento británico gira en torno al debate de si se debe llevar a cabo o no, la elaboración de un estudio exhausto sobre la eliminación de desechos de alto nivel en el Fondo Marino.

ii) *Tratamiento de Desechos en Alemania Occidental.* Los programas de Alemania se hallan comparativamente avanzados, en cuanto a la eliminación de desechos de alto nivel, incluso este país cuenta con las plantas más desarrolladas en la eliminación de desperdicios de medio y bajo nivel.

Así mismo Alemania posee una planta de reclaboración de desechos líquidos WAK que posteriormente son almacenados en tanques de acero inoxidable. Se estudia la solidificación de los desechos en vidrios de borosilicato y fosfato. Existe también una planta piloto de vitrificación en frío de acondicionamiento y control remoto.

Alemania Occidental ha convertido cavernas abandonadas en viejas minas de sal en Asse, en centerios de desechos y se continúa investigando para encontrar minas similares a la antes citada.

iii) *Tratamiento de los desechos en Canadá.* Canadá cuenta con instalaciones tecnológicas para el almacenamiento tanto en la superficie como en el subsuelo. Sin embargo esta nación no cuenta con instalaciones de tratamiento de desechos de alto nivel debido a que su reactor CANDU nunca dió por sentido la necesidad de regenerar el combustible de uranio natural.

A principios de los 70's se juzgó que no existían en Canadá desechos de alto nivel. Hoy en día se disponen los ya existentes desechos en cavidades profundas cubiertas posteriormente con sal.

Canadá considera económico el almacenamiento de desechos en vlas de procesarlos, con la técnica más operable en un futuro, así como el almace
namiento definitivo de desechos agotados.

iv) Tratamiento de Desechos en Francia. Tanto E.E.U.U. como Francia son naciones que han logrado un gran adelanto en la producción de electricidad por medio de la fisión atómica, así como en el tratamien
to de desechos radiactivos. Francia país que obtiene el 65% de su elec
tricidad de plantas nucleoelectricas, cuenta también con importantes avan
ces en la regeneración de los desechos producidos en el ciclo nuclear.

"Como resultado en el debate de la Asamblea Nacional el 6 y 7 de oc
tubre de 1981, el Gobierno definió grandes opciones de su plan de depen
dencia energética que pretende diversificar sus fuentes de energía y desa
rollarse en ella" [30].

El plan persigue obviamente un amplio programa nuclear más dentro de un contexto equilibrado. En dicho plan está contemplada la producción de desechos radiactivos que son aptos para ser regenerados y aquellos que deben ser almacenados, por lo cual resultó coherente y lógico proveerse de un programa de unión entre las investigaciones y las prácticas. Francia enfrenta el problema de producir los tres tipos de desechos de los que ya antes he hablado, para los cuales ha encontrado diversas soluciones.

La cuestión de los desechos abarca operaciones destinadas a asegu
rar durante todo el tiempo necesario y todas las circunstancias posibles, la protección pública contra el riesgo radiológico al igual que la preser
vación del ambiente y limitar la posibilidad de que se afecte a generacio

[30] Prensa Francesa, Debate del Sr. Jean Aurox, Srío. de Estado, encargado de energía, Junio 19, 1984.

nes futuras. Dichas operaciones se inician desde la limitación al volumen de desechos que se producen para almacenamiento, por lo que fue necesario reincorporar muchos de esos materiales de desperdicio al ciclo nuclear.

Francia conjuntamente con otras naciones a lo largo de más de 20 años de estudio constituyó los siguientes puntos a manera de conclusiones:

- Crear un método adecuado para la identificación de los tres tipos de desechos.
- Desarrollar un nivel industrial de métodos de tratamiento y condicionamiento que pueden ser (befón, bitume, resinas o la vitrificación) aplicables a las diversas clases de desechos.
- Desarrollar los medios necesarios para la manutención de un transporte adecuado de desechos radiactivos.
- Realizar las instalaciones necesarias para el depósito temporal de desechos, donde éstos puedan permanecer bajo altos niveles de seguridad.
- Crear centros de almacenamiento de períodos largos para desechos beta-gama.
- Para los desechos beta-gama realizar todas las etapas del tratamiento hasta su almacenamiento permanente con el más alto grado de seguridad.
- Para las otras dos categorías, desde su identificación hasta su almacenamiento contar con sistemas desarrollados y seguros practicando los siguientes métodos:

Aislamiento. Dentro de terrenos geológicos naturales adecuados, para que pudieran permanecer ahí sin riesgo cientos de años.

En caso que dichas barreras geológicas no sean altamente seguras es importante reducir el nivel de radiactividad de los isótopos por medio de reacciones físico-químicas.

"Francia cuenta con una Agencia Nacional para el tratamiento de Desechos Radiactivos (ANRA) la cual ha cuantificado la evolución de la necesidad de encontrar técnicas óptimas para el tratamiento de los desechos" [31].

En Francia existe una importante planta de regeneración de desechos llamada "La Hague", la cual puede tratar entre 400 y 1600 toneladas de desechos de reactores de agua en un año.

El retratamiento o regeneración de desechos consiste en extraer, purificar los materiales adecuados para la fisión que continúan en el combustible agotado, y su transformación en material propio para la fabricación de combustible nuevo, el uranio y el plutonio son tratados y aislados de los otros componentes que contienen los desechos.

La regeneración podría ser vista como la última fase del ciclo nuclear o como una de las primeras fases del ciclo siguiente o sea un ciclo de enlace.

Podríamos preguntarnos si el retratar los desechos es del todo conveniente o no. La respuesta es sí, ya que en primer lugar el almacenamiento de los desechos los inmoviliza sin aportar beneficios cuando en los propios desechos se encuentra suficiente uranio como para satisfacer las necesidades nacionales, argumenta Jean Magy, del Instituto de Investigación Tecnológica y Desarrollo Industrial, por un lado, a más de resultar más económico que el almacenamiento [32].

La regeneración empieza por operaciones mecánicas que permiten la extracción de óxido irradiado de las estructuras mecánicas, posteriormente se dan diversos tratamientos químicos como (disolución, separación y purificación) permitiendo separar el uranio y el plutonio de los productos de fisión.

[31] Prensa y Publicaciones Francesas.

[32] Recopilación de la Prensa y Publicaciones Francesas, sin fecha ni fuente.

Los desechos de alta actividad contrariamente al almacenamiento definitivo que se lleva a cabo con los desechos de baja actividad, deben ser colocados dentro de instalaciones provisionales hasta que su actividad haya disminuido y se les asignen lugares de depósito indefinido, los cuales pueden ser formaciones geológicas estables y libres de agua o enterrados a grandes profundidades.

Antes de designar algún sitio como basurero nuclear, Francia realiza un estudio concienzudo del impacto ambiental que éste implicará, cada etapa del proceso debe hacerse de conocimiento público, así como aclarar los objetivos exactos y los criterios a manejar.

v) *Tratamiento de los Desechos en Estados Unidos.* El problema del almacenamiento de desechos nucleares es más político que técnico, esencialmente los desechos de alta actividad, ya que podrían traer consecuencias más duras. En cambio hay desechos de actividad tan baja que no entran en el rango de efectos a la salud. Sin embargo Estados y localidades se rehúsan a ser considerados depósitos temporales o permanentes. Esta oposición no está basada en la seguridad sino en la imagen que se crearía siendo un basurero radiactivo, esto ha originado la posibilidad de retribuir con una suma de 100 millones de dólares por ejemplo, al año a los estados que acepten ser sitio de almacenamiento de desechos" [3].

En los Estados Unidos los adelantos tecnológicos y científicos en el tratamiento de desechos son amplísimos, se ha llegado tras serios estudios a probar que el depósito de los desechos ya tratados, en formaciones geológicas es seguro.

El almacenamiento de material radiactivo es un punto crucial del desarrollo nuclear, partiendo de la necesidad de asegurar la salud pública.

[33] JNMN Octubre, 1986.

Bases para la seguridad. Como antes mencioné, el depósito de materiales de desecho en formaciones geológicas, resulta brindar mucha seguridad, informan y convienen agencias como "The Natural Academy of Sciences", "The American Physical Society" y el grupo en integración "Nuclear Waste Management" (34).

Este método se basa en una serie de barreras naturales y de ingeniería, las que deben contar con:

- Una alta impermeabilidad de la formación;
- una canasta geológica, para el depósito de los desechos;
- material de contención que rodee la canasta donde se depositan los desechos;
- prevenir la no introducción al área en períodos largos;
- una variedad de minerales que sean capaces de absorber la radiación que pudiera escapar, etc.

Estos depósitos a más de todas las características naturales que poseen, deben ser auxiliados por tecnología que los haga más seguros dependiendo de factores naturales como una falla geológica.

Las bases para estos depósitos están ya bien establecidos en los Estados Unidos aunque siguen dándose discusiones específicas en aspectos técnicos; sin embargo es importante aclarar que el riesgo público de estos tiraderos es mucho menor que el que origine cualquier otro material tóxico.

Las políticas anteriores de manejo y desechos radiactivos crearon un sin número de polémicas y adversidades entre la Federación y los Estados. Hoy en día dichas dificultades se han limado totalmente basándose en trabajos de equipo que cuentan con información y comunicación adecuada, así como un proceso de planeación nacional.

[34] Nuclear Waste Management , p. 242.

Para el almacenamiento permanente el Consejo recomienda consultas, en un proceso que involucre tanto autoridades locales como al Gobierno Federal.

- Una resolución al respecto proveniente del Consejo.
- Un programa técnico gradual, basado en investigación de sitios propios para ser utilizados como depósitos.
- Una licencia de procedimiento de la NRC (Comisión Nacional Reguladora).

Para el manejo de desechos de baja actividad, el Consejo recomienda:

- La política nacional de desechos de baja actividad es un principio fundamental basado en la responsabilidad de cada estado.
- Los estados deben ser incitados a trabajar conjuntamente.
- El gobierno federal debe ser el que proporcione el apoyo financiero y técnico a los estados para el manejo de desechos de baja actividad.

2.4 Casos Representativos de Accidentes Nucleares

A lo largo del desarrollo nuclear y de cientos de horas de experiencia en los distintos reactores se han dado accidentes, que han tenido repercusiones vitales en dicho desarrollo. De los cuales sólo dos han tenido una importancia significativa, tanto por las dimensiones de lo ocurrido como la experiencia que legaron en factores de seguridad principalmente.

Estos dos casos los describiremos ampliamente en este apartado, mencionando causas y consecuencias. El primero de ellos ocurrió en la Planta de Pensilvania "Three Mile Island" en la Unidad 2, específicamente, y el segundo en la provincia de Ucrania, en la Planta de Chernóbil, Unidad Cuatro.

2.4.1 Three Mile Island - 2

"El 28 de marzo de 1979, ha sido uno de esos raros días en los que el tiempo parece dividirse en dos etapas, antes del accidente de Three Mile Island y después de Este" (35).

Los hechos que comenzaron en la Unidad dos de la Planta de la Isla de tres Millas en el Estado de Pensilvania, desarrollaron lo que sería el peor accidente nuclear hasta entonces, así como un trauma generalizado que propició cambios en el diseño y seguridad de la estrategia nuclear.

Este accidente ocasionó al menos seis investigaciones oficiales y muchos estudios ad-hoc, así como observaciones y recomendaciones. La industria nuclear entraba a una nueva etapa en su nivel de seguridad.

Una planta nuclear no es precisamente el ingenio más complejo de la habilidad humana más sí es un compuesto de equipo e instrumentos que originan un alto riesgo.

(35) IEEE Spectrum 2, April 1981, IEEE, p. 28.

Cuartos de Control en diversas Plantas han mostrado claves y señales ambiguas que han sido corregidas posteriormente, previniendo una fatalidad, más es el riesgo humano lo que está por encima de cualquier medida de seguridad, siendo imprescindible e incontrolable dejando desafortunadamente abierta la posibilidad a una catástrofe nuclear.

El accidente ocurrido en TMI en Pensilvania E.E.U.U. no tuvo una gran magnitud aunque las causas primordiales fueron básicamente errores del operador y del servicio técnico

Descripción del accidente

Antes de las cuatro de la mañana del 28 de marzo de 1979, el reactor de la Unidad dos de la Planta de la Isla de Tres Millas en E.E.U.U. se encontraba operando al 97% de su capacidad, todo hasta entonces parecía normal.

El agua era bombardeada hasta el núcleo del reactor en donde se calentaba bajo presiones muy altas previniendo así su ebullición, pasando el núcleo esta agua segula hasta el generador de vapor, donde se daba un intercambio de temperaturas, en el cual esta agua se transformaba por la proximidad del núcleo caliente en vapor que impulsaba la turbina, removiendo el vapor podía entonces llegar el anticongelante hasta el núcleo y controlar la temperatura.

El gatillo de cierre secundario del sistema de agua en un reactor como el de TMI, corre del generador de vapor a la turbina y regresa al generador. Antes de las cuatro de la mañana esta función parecía totalmente normal.

Sin embargo tres cosas no estaban funcionando adecuadamente; en primer lugar había un derrame persistente de anticongelante del reactor, lo cual era originado por un comportamiento anormal de la válvula de reejevo electromagnética o por cualquiera de las válvulas de presión de seguridad.

El escape de anticongelante fue vaciando el tanque del reactor.

Las válvulas de seguridad y relevo están diseñadas como su nombre lo dice para prevenir presiones anormales en el sistema de enfriamiento del reactor.

Las válvulas electromagnéticas también abren automáticamente para controlar una apertura incesaria de las válvulas de seguridad.

El problema consistió que a pesar de que el anticongelante estaba pasando a través de las válvulas, el nivel de agua del "Presurizer y la presión del sistema de enfriamiento estaba siendo a niveles anormales por el operador. Sin embargo no fue precisamente la pérdida de anticongelante el motivo primordial del accidente, Más creó indicaciones de temperatura ambiguas, lo que disfrazaron un serio derrame de anticongelante.

El operador desconocía que dos válvulas habían sido cerradas. En contraposición a procedimientos normales; llevando a cabo un servicio dos días antes del accidente.

El retroalimentador de agua, según el diseño, empezó a ser bombeado desde el tanque de almacenamiento, más las válvulas cerradas evitaron que el sistema auxiliar de retroalimentación de agua supliera al sistema principal.

El tercer fenómeno se dio durante un bloque aparente de resina en la línea de transferencia que forzó el regreso del agua a las bombas del condensador.

Los detalles no son importantes más sí fue básico que el operador al intentar desbloquear dichas líneas de resinas, causó la calda de una bomba condensada.

A las 4.00.26 de la mañana del 18 de marzo, el flujo condensado cesó,

un minuto más tarde las bombas principales del retroalimentador de agua pararon causando una pérdida total de agua en el generador, por lo que se paralizó la turbina principal. Eran las 4.00.37 de la mañana y el accidente de Tres Millas empezaba.

"Cualquier recuento objetivo de los hechos debe tomar en cuenta el punto de controversia de Estos" (36).

Un segundo después de paralizada la turbina, las tres bombas del Sistema auxiliar de alimentación de agua encendieron, tal cual estaba pre visto, 14 segundos después alcanzaron el máximo de presión. El propósito evidentemente era reemplazar la pérdida del retroalimentador principal, más como antes señalé, las válvulas, entre el retroalimentador auxiliar y el generador habían sido cerradas 48 horas antes, por lo cual no hubo flujo de agua.

Pasaron cinco minutos antes de que el operador advirtiera esto, ya que unas etiquetas de servicio cubrían el indicador de la válvula en el tablero del cuarto de control.

Acerca de la importancia que tuvieron los sucesos anteriores en el accidente se ha levantado un gran debate. Babcock & Wilcox, fabricantes del reactor hablan del fenómeno como de primer orden más los técnicos de la Comisión Nuclear Reguladora (NRC) argumentaron lo contrario.

En algún momento entre los tres o seis minutos del accidente, el sistema de presión alcanzó el nivel de amenazó la válvula electromagnética, así el sistema seguía operando, según diseño. La apertura de la válvula electromagnética pretendía aminorar la presión del Sistema de enfriamiento para luego normalizar el sistema de presión.

Antes de que esto sucediera, sin embargo, el sistema de presión

(36) IEEE Spectrum, noviembre de 1979, p. 35.

siguió aumentando por un par de segundos alcanzando la paralización del reactor a los ocho minutos del accidente. A la señal de "SCRAM" las varas de control en el núcleo del reactor paralizaron la reacción nuclear.

Pérdida de anticongelante. - Aunque las condiciones del núcleo del reactor aún eran temperaturas muy altas, éstas disminuyeron como resultado del paro del reactor. Entonces uno de los sucesos más importantes de la secuencia total ocurrió.

Alrededor de los 13 segundos, la presión en el Sistema de enfriamiento del reactor volvió a lo normal, por lo que la válvula electromagnética debió haber sido cerrada para prevenir una pérdida de anticongelante. En el cuarto de control se dió la señal de cierre de la válvula más ésta no cerró. El operador pudo haber cerrado la válvula bloqueada manualmente, mitigando así los efectos de la válvula atorada, previniendo daños posteriores al núcleo del reactor, más como esto no ocurrió, una se ria cantidad de anticongelante se derramó por más de dos horas, exponiendo el núcleo y llevando a un vertimiento de radiactividad, primero en el edificio auxiliar y posteriormente en la atmósfera.

El operador podía por varios métodos percatarse de lo que estaba ocurriendo más hubo confusión en la lectura de la presión y temperatura; existen varias razones por las cuales el operador no advirtió la pérdida de anticongelante, más hasta 142 minutos ya en el accidente, fue cuando supo de esta pérdida. Las consecuentes maniobras sólo agravaron el problema.

Fallas en la Compensación de pérdida de Anticongelante. - Cada reactor está diseñado para prevenir cualquier desastre originado en el sistema de enfriamiento. El reactor de TMI tenía tanto un sistema de emergencia alta como baja presión. El sistema de emergencia para alta presión comenzó a operar según diseño, proviendo de agua al sistema de enfriamiento. Más la presión volvió a incrementarse nuevamente, ahí fue donde el problema pudo haber sido controlado. Más a los 4.5 minutos, el operador

cometió su segundo error: cerró completamente una de las bombas de emergencia y sofocó la otra.

No fue hasta las tres horas 40 minutos del accidente que esta operación fue revertida, ya para entonces el daño estaba hecho.

Cabe preguntarse por qué el operador sofocó la bomba del sistema de emergencia, la cual cubría su operación prevista. La respuesta es fácil y fue una falta de interpretación básicamente. El operador captó las señales como un fenómeno conocido por "Solid Pressurizer" y en Tres Millas habían sido entrenados para evitar dicha situación, cortando el agua añadida al sistema de enfriamiento del reactor. Lo que no advirtieron los operadores fue que el sistema no estaba lleno de anticongelante. Mientras que el nivel de anticongelante en el presurizador era extremadamente alto, el del sistema de enfriamiento del reactor se había convertido en una mezcla de vapor y agua con el nivel de agua decreciendo rápidamente. Lo que estaba pasando es que la falta de anticongelante y el sobrecalentamiento en los primeros momentos del accidente habían creado vacíos en el sistema de enfriamiento, dando la falsa impresión de que el sistema estaba lleno de anticongelante. Esto fue en parte lo que confundió al operador y no lo hizo percatarse del derrame que estaba originando.

Expertos acuerdan que el punto de retroceso se dio como a los 100 minutos del accidente, para la tercera hora el núcleo estaba seriamente dañado y el bastimento de elementos era deteriorado por la oxidación provocada por el vapor. Aproximadamente de 140 Mci de xenón 133 el 10 Mci escapó a la atmósfera, así como de igual cantidad de yodo el 15 Ci fue vertido.

El xenón es mucho menos peligroso que el yodo, si se hubiera vertido igual cantidad de éste, como de xenón, se hubiera ocasionado una tragedia.

Hubo, sin embargo, al menos tres posibilidades para evitar tal accidente, que el operador no advirtió:

1. El operador pudo haber cerrado la válvula de relevo electromagnético que estaba atorada, deteniendo la pérdida de anticongelante.
2. Nunca debió sofocar las bombas de inyección de alta presión.
3. Pudieron haber reencendido estas bombas antes de los 100 min.

A los 74 minutos el operador cerró las cuatro bombas de enfriamiento del reactor, a los 101 minutos cerraron las dos restantes. Esto fue precisamente lo que determinó el accidente.

"Los fabricantes Babcock & Wilcox señalaron que tanto como las bombas estuvieran en operación el núcleo sobrecalentado no se hubiera dañado, más al ser éstas paradas, la circulación cesó y en los 50 minutos subsiguientes, partes vitales del núcleo quedaron descubiertas dañando los elementos y virtiendo productos radiactivos de la fisión nuclear, generando así mismo hidrógeno que tanto atemoriza al público" (37).

Restablecimiento del Control .- El primer paso para decrecer la temperatura del núcleo fue tomado a las dos horas 18 minutos del accidente, cuando el operador cerró la válvula bloqueada finalizando del escape de anticongelante.

En las 13 horas que siguieron hubieron varios intentos para eliminar las altas temperaturas del sistema de enfriamiento bloqueando la eliminación de calor del núcleo. El hidrógeno se había empezado a separar del anticongelante a temperaturas cada vez más altas y se virtió a través de la válvula de relevo dentro del edificio del reactor, lo cual no fue detectado por el tamaño tan grande del edificio.

Parte de este hidrógeno fue atrapado en la vasija del reactor, formando burbujas y otra parte circuló a través del sistema de enfriamiento,

Lo cual complicó las operaciones de normalizar la temperatura en el reactor.

Las burbujas de las vasijas preocuparon a los técnicos de la posibilidad de una explosión más los expertos de BSW añaden que esto no sería posible a falta de oxígeno para facilitar la combustión.

En TMI los técnicos intentaron bajar la presión en el sistema; pasaron cinco o seis horas sin lograr solucionar la crisis; sin embargo, un reporte de la Comisión Nuclear dijo que el largo período de baja presión ayudó en la eliminación del hidrógeno vertido en el sistema de enfriamiento.

El nuevo desprendimiento de hidrógeno permitió a los operadores hacer su primer movimiento exitoso al prender una de las bombas del enfriador a las 13.5 horas.

A las 15.5 horas se restableció una circulación de anticongelante y se provocó la aminoración de calor. Ya era sólo una cuestión de tiempo el que se normalizara. El accidente de TMI había terminado.

El factor humano

Estudios realizados antes del accidente de la Unidad 2 en la Isla de Tres Millas, habían establecido que entre 1/3 y 2/3 de los accidentes hipotéticos son originados por fallas humanas, y no nos sorprende que precisamente aquí el error humano fuera el motivo principal.

Los estudios antes realizados dieron pautas que de haber sido tomadas en cuenta el accidente no hubiera ocurrido o al menos no en tal proporción, éstas fueron:

- Revisar las ventajas de la interpretación de un operador de la NRC en el procedimiento de cierre del reactor antes de ocasionar

un derretimiento del núcleo.

- Instrumentar una guía para minimizar los errores humanos rutinarios.
- Asegurar que los instrumentos del cuarto de control fuesen adecuados para manejo de accidentes.
- Especificar instrumentos de seguridad para medir daños.

Una planta nuclear a pesar de tener elementos técnicos más precisos y un nivel de seguridad muy alto no puede hablar de un 100% de seguridad, esto es básicamente provocado por la operación humana, que aún se requiere en las plantas y que dejan abierta la posibilidad de accidentes en cualquier planta por muy segura que ésta pretenda ser.

En agosto de 1979 el Ministerio Federal de Investigación y Tecnología en Alemania Federal publicó un histograma en el "German Risk Study Summary", estudio que habla sido preparado hasta dos años. Concluye que el 72% de los derretimientos de núcleos eran causados por el tubo de frenos del reactor pequeño, en los cuales las 2/3 partes del riesgo es humano y el otro tercio de equipo.

También este estudio analiza accidentes hipotéticos causados por pérdidas en la fuente de energía de emergencia, lo que parecía considerar un bajo porcentaje de error humano, más hoy dicho porcentaje ha sido modificado.

En el estudio alemán se establece que la posibilidad de que una válvula quede abierta es el mayor riesgo de escape de potencia, por lo que en Alemania se requiere que las plantas de emergencia sean accionadas por válvulas, irónicamente fue una válvula la que ocasionó el accidente de TMI.

El error humano es el causal de la mayor parte de los accidentes posibles. Maril Taylor, de la NRC y responsable de la seguridad de los reactores de agua a presión confirma lo anterior diciendo "que en este

tipo de reactor, el fracaso de los sistemas de seguridad es un 50 a 85% los errores humanos" [38].

A continuación se transcriben los cuatros tipos de error humano que se dieron en el accidente:

- Error resultado de procedimientos de operación involucrados en el accidente.
- Error durante el accidente, ya sea por el inadecuado juicio del operador o por políticas de la planta.
- Ignorancia del operador ya sea por el inadecuado uso de elementos básicos de la física del reactor de agua a presión y de los reactores BSW en particular.
- Error en el diseño haciendo difícil detectar lo que estaba ocurriendo.

Los errores humanos de TMI fueron al menos de las cuatro formas expuestas, el accidente fue una mezcla de eventos subsecuentes, motivados por errores humanos, en mantenimiento, procedimientos escritos, fallas eléctricas y mecánicas, así como un deficiente entrenamiento del operador.

i) *Evaluación de las fallas humanas.* Ocho minutos después del cierre automático del retroalimentador principal de agua no hubo un auxiliar, que proviera de agua al generador, ya que el operador no detectó que unas válvulas habían sido cerradas el día anterior por un operador para checar la función auxiliar.

El operador dijo checar dos veces el tablero antes de advertir el cierre de dichas válvulas, esto se debió a que el indicador de la válvula estaba ostruido por una etiqueta de mantenimiento, más la incómoda posición del indicador, lo cual es error de diseño

[38] IEEE Spectrum, noviembre de 1979, p. 62.

NUREG (39) cita los siguientes errores humanos y de diseño:

- Operación de la planta con el retroalimentador del agua apagado.
- Un diseño inadecuado del cuarto de manejo que no permitió detectar lo que ocurría.
- Inadecuados procedimientos de mantenimiento que obstruyeron una válvula vital con una señal de mantenimiento.
- Otro error de gran magnitud en el daño al núcleo fue haber apagado las bombas de inyección de alta presión del sistema de enfriamiento.

ii) Sistema de seguridad. Este punto parece ser de gran controversia ya que muchos elementos de las plantas y en particular de TMI que pueden motivar o motivaron el accidente no están señalados como de alta seguridad, por lo que no hay un adecuado control de ellos.

Se argumenta que si dichos elementos eran de seguridad o de no seguridad y en esta falta de coordinación se han venido manejando carencias en las plantas nucleares.

Los sistemas de seguridad legales son aquellos necesarios ya sea para prevenir o mitigar accidentes hipotéticos.

Dos sistemas de seguridad funcionaron según lo planeado en TMI, tras el paro del retroalimentador principal de agua, el sistema auxiliar operó más por el cierre inadecuado de unas válvulas, no fluyó el agua al generador. Otros sistemas fueron las bombas de inyección de alta presión del sistema de enfriamiento; apagadas por el operador, lo demás que haya ido mal en el accidente involucra una serie de sistemas de seguridad y no seguridad mencionado con anterioridad.

Las válvulas y su seguridad.- La Comisión está advertida del peligro de las válvulas en un atorón, ya sea en posición abierta o cerrada. En pruebas hechas se ha demostrado que el bloqueo de estas válvulas es

alto y que conlleva a un posible derretimiento del núcleo, si otros elementos agravan la situación.

Se exponen a continuación tres razones por las cuales la Comisión falló en el chequeo de las válvulas antes del accidente:

- La válvula es legalmente una pieza "no segura" y su control no fue analizado cuando la planta fue diseñada.

El accidente de TMI se dio por una combinación de dos eventos: el bloqueo de la válvula y que el operador apagara el sistema del inyector de alta presión.

La pregunta es porqué la NRC no hizo hincapié en la tendencia de los reactores B&W al bloqueo de válvulas? El Dr. Mattson contestó que el mandato de la Comisión estipula funcionamiento [40] adecuado y no óptimo.

Esta tendencia de los Reactores B&W al bloqueo de válvulas obedece a que:

- Los diseñadores dejaron la opción a que la válvula de relevo electromagnético quedasen abiertas ya que podían minimizarse el tiempo del ciclo de rutina, con mayores beneficios a menos potencia.
- El sistema de enfriamiento del reactor es sumamente pequeño.

En pruebas realizadas anteriormente se demuestra que incluso en el bloqueo de las válvulas el error humano es el mayor causal; quizá la iniciación automática del sistema de retroalimentación de agua hiciera a los reactores más seguros. El Sr. Merrill Taylor de la NRC añade que esto es relativo y exclusivo a cómo se implemente cada reactor.

[40] IEEE Spectrum, "Three Mile Island", IEEE, noviembre 1979, p. 75.

2.4.1.1 Impacto ambiental del Accidente de TMI

El escape de elementos radiactivos ocasionado por el accidente de la Unidad 2 de TMI tuvo un impacto ambiental prácticamente nulo. El daño al público no trascendió de lo psicológico e incluso los más fuertes oponentes de la energía nuclear y de TMI no podrían probar lo contrario.

El escape según los datos de NUREG, 0600 fueron los siguientes: 10^7 Ci de gases nobles lo que corresponde al 10% del total del núcleo, cerca de un 15 a 24% de yodo 131 de un total de 10^7 y ninguna muerte.

En TMI, sólo de 15 a 24% de yodo escapó ya que éste fue absorbido por filtros de carbón y por recipientes de agua, hidróxido de sodio fue inyectado al enfriador de agua lo que incrementó la alcalinidad de ésta y favoreció la absorción de yodo.

Por otra parte, el escape de gases nobles no se debió a un derretimiento del núcleo sino a una falla de los compuestos de la cubierta, lo que no fue particularmente peligroso, señala Jan Bayea (41), analista de Riesgos nucleares de la Universidad de Princeton, en un estudio que hizo de la calidad del ambiente; remarcó que si un 60% de estos gases hubieran escapado, en lugar de un 10%, habría ocurrido de 1 a 25% de casos de cáncer y de entre 3 y 350 muertes; entre 200 y 2700 casos de problemas de tiroides, así como restricciones agrícolas y de productos lácteos.

Medidas de seguridad ambientales.- Existe la posibilidad de que una ventilación previamente filtrada reduce los vertimientos de aire contaminado. La operación de un reactor es tan compleja que quizá no se pueda evitar la posibilidad del derretimiento del núcleo, más para reducir las consecuencias de un accidente se sugiere la ventilación filtrada, otra su gerencia es dotar a la población de pastillas de potasio como un bloqueo de radiactividad.

(41) IEEE Spectrum, noviembre 1979, p. 75.

"En caso de que no se tomaran en cuenta medidas al respecto todos los niños y algunos adultos presentarían tumores, los que requerirían tratamiento quirúrgico o medicación de por vida. Mas, si previo al accidente se dota a la población de pastillas de potasio, entonces el índice de problemas de tiroides decrecería notablemente" (42)

Mientras no se haya mitigado el escape de radiactividad se recomienda la evacuación de la población, la habilidad de que dichas evacuaciones sean organizadas rápidamente reduciría el número de muertes prematuras, debido a que los reactores de agua a presión presentan hipotéticamente una duración corta de escape, siendo evacuaciones a 15 millas las más recomendadas.

Un reporte del laboratorio de Sandia sugiere como óptimas las evacuaciones a una hora del accidente y no a cinco horas, según una agencia alemana la evacuación previa al vertimiento de gases nobles reduciría la posibilidad de cualquier tragedia.

El Dr. Bayes por su parte hace la siguiente recomendación: "La mayor parte del área tendrá que ser evacuada por décadas hasta no llegar a los 10 rems de radiactividad, cantidad adecuada para la vida humana" (43).

iv) Consecuencias y Reestructuración de la Energía Nuclear.

Como antes mencioné; el accidente ocurrido en Tres Millas en Pensilvania, E.E.U.U. el 28 de marzo de 1979 fue un parteaguas para la evolución de la Industria Nuclear y especialmente para los sistemas de seguridad de ésta.

Dichos sistemas habían trabajado y en gran medida siguen trabajando en base al "máximo accidente creíble" o simplemente a accidentes hipotéticos. Tres Millas confirmó muchas de las especulaciones; como el hecho de

(42) IEEE Spectrum, noviembre de 1979, p. 75.

(43) Ibidem.

que el error humano sea el mayor factor de riesgo de accidentes e incluso demostró a los incrédulos que a pesar de un adelanto tecnológico alcanzado en estas Plantas un accidente es posible y de hecho ocurren.

A partir del accidente se llevaron a cabo estudios muy profundos en busca de minimizar las fallas técnicas y la posibilidad de error humano. Tanto la Comisión Reguladora como las Organizaciones Internacionales de Energía Atómica con sede en Viena, han incrementado sus normas de seguridad y la supervisión de las plantas de los distintos países. A continuación expongo tres de los cambios más importantes llevados a cabo por la Comisión Reguladora en relación a la Industria Nuclear:

- a) Reducir la posibilidad de error humano por medio de un nuevo sistema de operaciones que aminore las ambigüedades en las instrucciones de operación.
- b) Mejorar las actitudes de la dirección de la Industria Nuclear por medio de un incremento en la seguridad y una reestructuración en la organización de las operaciones de día a día, así como en las operaciones de emergencia.
- c) Una nueva y más apta Comisión Reguladora; más severa al concertar licencias de Plantas en trámites de apertura y que enfatice los puntos que pudieran ocasionar accidentes.

Cambios en ingeniería.- El accidente de TMI se enfocó en la necesidad de un mejor entrenamiento de operación y una más adecuada actitud por parte de la Comisión Reguladora. Resulta evidente que también es necesario una adecuación tecnológica.

Los cambios de ingeniería se agrupan en tres categorías:

- 1) Los que responden a las deficiencias que contribuyeron directamente al accidente.
- 2) Aquellos diseñados para mitigar posibles accidentes.
- 3) Los diseñados para manejar accidentes de la manera más conveniente.

El mayor problema técnico que contribuyó directamente al accidente, fue que el operador no supo qué válvulas se habían desprotegido. El cuarto de control por su parte causó confusión y ambigüedades; además de una falla en la decisión del operador, lo que agravó el problema.

Se adicionó un indicador de válvulas. Recordemos que sólo unos segundos después del accidente la válvula piloto del "pressurizer" se abrió y debía cerrarse tan pronto la presión descendiera. Esto no ocurrió originando un escape de anticongelante. El operador pudo haber cerrado dichas válvulas manualmente más no lo hizo, debido a que hubo confusión en el tablero.

La NRC requirió equipo para mostrar la posición de las válvulas tanto del flujo como de la presión; todas las plantas de E.E.U.U. tienen este sistema de TMI.

Se implementaron cambios en el sistema auxiliar. El mayor cambio en las Plantas tras el accidente, fue en el sistema de emergencia y en especial en el funcionamiento automático del retroalimentador auxiliar.

En TMI, este sistema operó, mas anteriormente el equipo de Mantenimiento había cerrado una válvula ocasionando que no hubiera flujo de agua al generador de vapor.

Se aisló el reactor. Mientras se iban dando los cambios técnicos en la planta, se piensa en instalar una estructura que protegiera al público dado el accidente. Esta estructura de línea de acero y concreto frenaría la radiactividad en caso de escape. El operador podría cerrar todos los sistemas de válvulas excepto por el Sistema de Seguridad de pruebas de derrame; atrapando así los gases, agua radiactiva o productos de fisión que se vertieran hacia el edificio.

En cuanto al factor humano se recomienda capacitación y entrenamiento para ayudar al operador.

La NCR, así como la industria nuclear ha respondido proporcionando mejoras en el procedimiento de operación, así como un mejoramiento de las condiciones del cuarto de control, evitando señales ambiguas y facilitando la lectura de estas señales.

Mejoras en las Actitudes de la Industria Nuclear. - "El accidente de TMI golpeó arduamente a la Industria Nuclear como un cubetazo de agua helada en la cara" (44). Tanto técnicos como industriales estaban seguros que un accidente como el de Tres Millas no era posible, hoy en día hay una creciente conciencia de que estos accidentes ocurren.

"Three Mile Island -dijo Wayne Jens, Vicepresidente de Nuclear Operation en Detroit- ha sido una llamada de atención al hecho de que debe tenerse más precaución y prestar más atención a la posibilidad de una falla que lleve a un accidente. También se ha generado mucha más conciencia del riesgo público y se han tomado medidas al respecto. (45).

Una Comisión Reguladora más actual.- La Comisión Reguladora ha establecido códigos más precisos, así como mejoras al sistema de licencias, de seguridad, etc.

Por un tiempo muchas de las actividades nucleares se estancaron, incluso se pensó que éstos se abandonarían pero a principios de los 80's la Industria Nuclear retornó a su auge.

La NRC no estuvo concediendo permisos ni licencias hasta casi por dos años del accidente de TMI, en espera de llegar a estudios más precisos de seguridad para las plantas.

Hoy en día incluso los Cuartos de Control están computarizados y operan con menos necesidad manual, evitando la posibilidad de un error humano.

(44) IEEE Spectrum, Abril 1981, p. 57.

(45) Ibidem.

"Según dice Mr. Denton de la NRC, el accidente de TMI benefició al desarrollo de la energía nuclear, logrando un entendimiento benéfico entre industriales y la Comisión en la solución de problemas de seguridad y operación" (46).

2.4.1.2 La Energía Nuclear en el Mundo después del Accidente de TMI

El accidente de TMI causó reacciones diversas en los distintos países del globo, un accidente nuclear no puede ser percibido desde un punto de vista regional o nacional. Un accidente nuclear es de índole internacional y atañe a todos los organismos y Agrupaciones Nucleares tanto regionales como internacionales.

Como hemos visto, la reacción en los Estados Unidos fue dura en un principio se crearon grupos de oposición a la energía nuclear, e incluso parecía que la Industria Nuclear empezaba una fase de declinación; mas este accidente ha servido tanto a la Ciencia como a la Industria para mejorar sistemas y lograr mayor seguridad en las Plantas.

En países como Inglaterra y Francia el accidente no causó un retroceso del desarrollo nuclear, quizá fueron factores internos los que en Gran Bretaña llevaron a un estancamiento en este sector.

Alemania Federal, la cual va muy aventajada nuclearmente hablando, tras haber tenido un comienzo tardío, sólo ha servido el accidente de TMI como motivo de extensos estudios y nuevas investigaciones. A más de que se han formado extensos grupos antinucleares tan fuertes que han frenado el desarrollo de esta industria en la nación, e incluso existe un partido que tiene como plataforma electoral la no nuclearización.

(46) IEEE Spectrum, Noviembre 1979, p. 75.

En Suecia, TMI sí fue un elemento de alarma. Antes del accidente, Suecia declaró su necesidad de un programa nuclear capaz de resolver su dependencia energética, tras el accidente hubo un revés en actitudes, no queriendo exponer la seguridad pública ante un riesgo de tales magnitudes.

Los efectos del accidente tuvieron un impacto sorprendente en Japón, incluso mucho mayor que en Estados Unidos. El Gobierno japonés ordenó el cierre de todos los reactores de agua a presión del país, así como un análisis de las Plantas y las medidas de seguridad, tan pronto estuvo concedido de la seguridad las reabrió.

"En pocas naciones TMI ha tenido un impacto tan dramático; el público no se ha convencido fácilmente de la seguridad de los reactores, lo cual es claro en los resultados de la encuesta realizada en julio de 1976. La oposición al programa nuclear era evidente; sin embargo, todavía hay una tendencia a considerar este programa debido a la total dependencia energética, y a la Planta Industrial de enormes magnitudes que tiene que mantener Japón.

Para 1979 el 11.7% de la energía del Japón provendrá de la fisión nuclear y se espera que para 1989 su capacidad sea de 19.7% (47).

2.4.2 El Accidente de Chernobil

"Desde que los Científicos por primera vez unieron dos hemisferios de uranio en un cuerpo único con masa crítica, nunca se había escrito tan acerca de las posibles consecuencias de la insurrección del átomo que a veces a uno le asaltaba la idea que era demasiado terrible como para que pudiera ocurrir; pero sucedió; la tragedia atómica se desató donde

(47) IFEE Spectrum, noviembre de 1979, p. 100.

menos se esperaba en un ingenio pacífico en la central Nuclear de Chernobí" (48).

El 26 de abril de 1986 a las 1.23 de la mañana, ocurrió un accidente en la Unidad 4 de la Planta de Chernobí en Ucrania que llevó a la destrucción del núcleo del reactor y una parte del edificio donde se encontraba. Cantidades enormes de material radiactivo salieron del edificio a la atmósfera. Materiales candentes precipitaron fuegos que complicaron la situación y elevaron más material radiactivo.

En esta catástrofe 31 miembros del personal operativo murieron tratando de controlar el fuego y las consecuencias del accidente.

Descripción de la Unidad

La Unidad de Chernobí, con su capacidad de operación de 100 MW(e), 3200 MW(th) fue uno de los reactores RBMK que operan en la Unión Soviética. Este tipo de reactores generalmente se construyen en pares, con dos Unidades que ocupan lados contrarios en un mismo complejo nuclear. Las Unidades 3 y 4 de la Planta de Chernobí estaban ligadas y compartían algunos sistemas especiales.

El reactor RBMK es un reactor que utiliza grafito como moderador, es enfriado por una circulación de agua ligera que ebulle en las partes altas de los tubos verticales de presión, produciendo vapor, el cual es generado en los dos tubos de enfriado.

Este reactor se describe como reactor de canales de gran potencia, los que son enfriados con agua y no son una novedad ya que llegaron a la Unión Soviética hace más de 30 años.

El reactor RBMK-1000 es un cilindro de unos 12 metros de diámetro

(48) Novosti, La Lección de Chernobí Novosti, v. 1.

y 7 metros de altura, su zona activa está conformada por bloques de grafito aproximadamente de 600 x 200 metros a través de los cuales pasan los canales que en total son cerca de 200 de los que 1,500 son de trabajo, 200 de mando y el resto de control.

En este reactor hay 15000 puntos de control, por lo cual es obvio que un instrumento tan complejo no esté exento de fallas.

El reactor RBMK-100 permite la recarga y descarga de combustible nuclear sin detener el trabajo, no muy común en otros ingenios.

La potencia eléctrica de esta Unidad es de 1000 megavatios, la calórica mucho mayor, de 3200 megavatios. El reactor se enfría por un solo circuito de agua la que circula en dos lazos paralelos. En cada lazo hay dos tambores separados, cuatro bombas circulatorias, 3 en funcionamiento y una en reserva. El vapor de ocho tuberías alimenta dos turbinas de 500 megavatios. El combustible para el reactor es de dióxido de uranio poco enriquecido.

De hecho el reactor estaba preparado en caso de averías, cuenta con subsistemas activos y pasivos. Este último compuesto de dos grupos de hidrodalones que contienen 200 m² de agua, suficiente para enfriar la zona activa a los tres minutos de ocurrido el problema.

Tan pronto surja una situación de avería, automáticamente en la zona activa se introducen barras para absorber los neutrones deteniendo la reacción en cadena de la fisión.

ii) Descripción del accidente

Ocurrió en la Planta Nuclear de Chernóbil lo que llegó a considerarse como poco probable o inclusive impensable.

En una investigación hecha por científicos norteamericanos sobre

accidentes en un reactor de grafito, y la probabilidad de que éstos ocurrieran, el resultado era de uno en cada 2000 años. "Más lo ocurrido en Ucrania nos demuestra que la vida es más compleja que cualquier esquema" (49).

El reactor del cuarto bloque energético de la Central de Chernóbil llevaba en explotación un año con funcionamiento adecuado y con alto grado de fiabilidad; no habla quejas por parte del personal, comenta Valeri Legasov* lo que condujo a que se comenzara a explotar olvidándose del peligro potencial que la Planta entrañaba.

El accidente ocurrió durante la prueba experimental en la turbina de la Unidad 4, la cual iba a checar la posibilidad de utilizar la energía mecánica del rotor de la turbina para satisfacer necesidades del bloque energético en caso de falta de electricidad.

Dicha prueba experimental estuvo mal planeada ya que no lo acordaron con los representantes de la dirección científica, ni con los fabricantes. Se realizó estando el reactor en funcionamiento, lo que era una violación total de las instrucciones, además estaban desconectados varios sistemas de emergencia.

Estas negligencias condujeron a una formación intensa de vapor en los canales, lo que provocó un brusco aumento de su potencia (por el coeficiente de radiactividad propia del reactor).

Los sistemas de emergencia se encontraban desconectados y se careció de la cantidad mínima de barras absorbentes en la zona activa. La última defensa de emergencia conectada por el operador fue controlar la situación produciendo una explosión, segundos después se escuchó una segunda explosión y piezas candentes del reactor eran lanzadas fuera de éste. La des-

[49] Novosti, Op. cit., p. 23.

[*] El que fuera Subdirector del Instituto de Energía Atómica Kurchatov.

trucción del reactor permitió la entrada de aire, lo que hizo arder el grafito.

El accidente ocasionó que el grafito ardiente y algo de combustible fueran lanzados fuera de Este, hacia el techo del edificio, empezaron incendios en el vestibulo de la Unidad 4 y en el techo de la Unidad 3, así como en el Cuarto de Máquinas del turbogenerador.

Los hechos siguientes precedieron la explosión:

- Una explosión que ocurrió arrojando material.
- Una segunda explosión que arrojó combustible y grafito.
- Fragmentos de combustible también fueron encontrados fuera del edificio.
- El edificio presentaba serios daños.
- Un colapso en varias máquinas.
- Todos los canales rotos.
- La reacción en cadena de la fisión cesó.

ii) Cronología de Sucesos

Se produjo un volumen enorme de combustible fragmentado conllevando a una interacción con el agua, produciendo un incremento de vapor y presión, así como algo de hidrógeno.

Algunos canales de combustible fueron destruidos produciéndose escapes de radiación.

Combustible del núcleo y de los canales, fue arrojado al techo de la Unidad 4.

Poco más tarde. La presión se incrementó quizá por las diversas reacciones.

El plato de la cubierta del núcleo (de 100 toneladas) se empezó a levantar como consecuencia de la ruptura de canales.

Ocurrió una segunda explosión de dos o tres segundos después de la primera, aún no está claro si se debió a una generación de mucha potencia o a la explosión de hidrógeno vertido.

Bloques de grafito fueron arrojados dañando el tanque de agua .

Minutos más tarde.- Agua y vapor de la explosión del sistema o del tanque fueron vertidos en el núcleo, así como en el "cladding" del reactor.

Al día siguiente.- Fue inyectada agua entre los separadores de vapor, luego del accidente; casi por medio día utilizando bombas de retroalimentación con un flujo de entre 200 y 300 toneladas.

La inyección de agua se detuvo por el posible riesgo de dañar las Unidades 1 y 2.

Del segundo al décimo día.- Humo negro resultante de las reacciones del grafito escapó del reactor.

- Se arrojó material sellador y filtrador.
- Inyección de nitrógeno al núcleo.

Las causas del accidente son numerosas, en combinación ocasionaron un desastre, en vista de los procedimientos, equipo de trabajo y la operación y dirección de la Planta se propuso una reorganización total, en vista de los errores técnicos hasta ahora localizados y de los que se vayan encontrando se pretende igualmente una corrección.

Para prevenir el desarrollo de configuraciones en las líneas de control que violan la demanda de reserva de radiactividad apropiada, se instauró que todas las líneas serán provistas de "switchs" asegurando una inserción mínima de 1.2 m y 70-80 líneas serán exclusivamente para el núcleo.

Estos dos pasos reducirán los vaos de coeficientes de radiactividad. La violación a una operación adecuada, utilizando una potencia de 700 MW, por ejemplo será prevenida por un circuito de cierre adicional.

Estas operaciones a corto plazo fueron implementadas casi inmediatamente, para operaciones a largo plazo se instalaron sectores. Por su parte el combustible será modificado incrementando su enriquecimiento en un 2%.

iii) Acciones Inmediatas al Accidente

El manejo del accidente ocurrido el 26 de abril de 1986, en la Planta de Chernóbil Unidad 4 respondió a las siguientes fases:

- El sometimiento de los incendios para controlar y finalmente extinguir el fuego.
- La estabilización de la Planta a corto plazo tan pronto se controla el fuego.
- Recuperación a largo plazo, incluyendo el entierro de la Unidad dañada y del monitor, así como de los escombros del edificio (50).

Las operaciones llevadas a cabo en busca del control del accidente, fueron generalmente exitosas; los primeros intentos para proveer al núcleo de agua con bombas auxiliares fueron un fracaso, por lo cual se abandonaron. Los pasos siguientes fueron el vertimiento de materiales como boro, dolomite, arena, barro y plomo sobre el reactor proporcionaron nitrógeno que ocasionó un decrecimiento en las temperaturas y la reducción de concentración de oxígeno, lo que más tarde estabilizarla la situación de manera rápida.

Combatiendo el fuego.- La descripción del combate al fuego está en base a fuentes expertas de la Unidad 4, tres equipos de bomberos llegaron

(50) Summary Report, p. 43.

a Chernóbil; mas fue necesario equipo apropiado como gatos hidráulicos, etc. Las explosiones que se dieron aproximadamente a las 1.24 A.M. fueron localizadas a las 2:10 y 2:20 respectivamente apagando el fuero cinco horas más tarde.

El mayor reto era no permitir que el fuego llegara a la Unidad 3, así como localizar los incendios en los techos del edificio de esta Unidad para extinguirlos.

Para la extinción del fuego se utilizó primeramente agua, sprays y gases. El agua fue empleada para apagar el fuego de los techos, en el cuarto de cables y a otras superficies, los gases se utilizaron para las áreas que contenían material inflamable.

El fuego de Chernóbil presentó ciertas características propias de incendios en plantas nucleares, mas otras que podrían resultar únicas. Primeramente porque en Chernóbil hubo una combinación de fuegos y material altamente radiactivo, se percibió la necesidad que se tiene de adecuar el equipo contra incendios para situaciones extremas y material radiactivo. En segundo lugar se dio la necesidad de ropa ligera especial, no sólo para proteger a los bomberos de las altas temperaturas sino de la radiactividad.

iv) Estabilización de la Planta

El manejo del accidente en sus primeras etapas tenía como mayor propósito evitar la combustión del grafito y proteger la región del núcleo que pudiera ocasionar vertimientos posteriores de material radiactivo.

La destrucción de todos los canales de combustible, así como de las pipas, fue la razón por la cual no tuvo éxito la inyección de agua al núcleo del reactor, lo que posiblemente fue bueno desde el momento que se produjo hidrógeno y monóxido de carbono añadiendo refuerzos a las fuentes de calor.

El 28 de marzo se dió comienzo a una operación masiva de control del accidente. Se trataba de vertir materiales sobre el reactor por medio de helicópteros, los materiales arrojados fueron:

Boro	[B4C]	40 toneladas
Dolomite (MgCa) CO ₃ 2)		800 toneladas
Barro y Arena		1800 toneladas
Plomo		2400 toneladas

Para el cuatro y cinco de mayo, un sistema que proveerla de nitrógeno al reactor habia sido instalado con el propósito de dotar de anticongelante adicional y hacer una barrera contra el oxígeno.

Para el seis de mayo la temperatura ya se habia estabilizado, así como el flujo de aire que penetraba al núcleo, esto llevó a poner los escombros del reactor en un semi equilibrio que contribuyó a la reducción de radiactividad que se desprendía hacia la atmósfera.

Aunado a esto se empezó la construcción de un intercambiador de calor el cual fue el mecanismo que condujo a la eliminación de altas temperaturas.

- v) En cuanto a las medidas radiológicas se manejó lo siguiente:
- El establecimiento de niveles de contaminación que pudiera confrontar el personal.
 - La determinación de la localización y estabilidad de los escombros del reactor, etc.

Entierro de la Unidad Dañada

Se planeó enterrar la Unidad 4, medida considerada a largo plazo con el objetivo de asegurar el control del área, evitando un escape de materiales radiactivos de los escombros, para lo cual se requirió:

- Un criterio adecuado para poder establecer un nivel de radiación que no excediera los 5 rems.
- Un diseño propio para prevenir terremotos a muy altas temperaturas o vientos, etc., fenómenos que pudieran ocurrir y causar otra catástrofe.
- Se calculó el tiempo de operación para que fuera el mínimo.
- El uso de los materiales más simples y precisos.
- Minimizar la dosis de radiación para los trabajadores durante la operación.

2.4.2.1 Impacto Ambiental

"Según datos del Comité Estatal de la URSS para la hidrometeorología y el control sobre el medio, se produjo una fuga de un 3% de combustible nuclear, que había en el reactor al momento del accidente. Los distintos isótopos dependiendo de su naturaleza física contaminaron la atmósfera de diferentes maneras.

El grueso de la fuga estaba compuesto por isótopos de vida corta, por gases nobles radiactivos y por isótopos de yodo 131. El yodo se descompone relativamente rápido, en ocho días a la mitad y en 80 días su radiación se debilita 1000 veces.

"Entre las sustancias arrojadas a la atmósfera, las había también de larga vida, el cesio por ejemplo. Mas los especialistas conocen métodos para disminuir la asimilación de este elemento por las plantas y organismos vivos.

El cesio por sus propiedades químicas es un metal alcalino similar al potasio, por lo cual si se abandona al suelo con sustancias potásicas adicionales y si además se roturan profundamente los campos con una vuelta total de la capa superior, disminuirá notablemente la asimilación de las plantas de cesio estable y radiactivo" [51].

[51] Novosti, *Op. cit.*, pp. 8-9.

El desprendimiento de radionucleidos durante el accidente de Chernóbil trajo severas consecuencias para la Unión Soviética y para muchos países de Europa Oriental. Los radionucleidos liberados en el accidente de Chernóbil presentan una característica única.

La Unidad 4 de la Planta de Chernobyl contenía un inventario de 4×10^{19} Bq (10^9 Ci) al tiempo del accidente, los expertos señalan que cerca de 1×10^{18} Bq (2×10^{18} Bq (3×10^7) a 5×10^7 Ci) fue liberado del combustible durante el accidente.

Se cree que hubo casi un total vertimiento de gases nobles, cerca de 10-20% de radionucleidos de yodo volátil, cesio y telurio, así como de radionucleidos refractarios como boro, estonio, plutonio, etc. en cantidades entre un 3 y 6%.

El vertimiento de estos materiales no ocurrió en un solo evento tan solo un 25% de todos los radionucleidos fueron arrojados al ambiente el primer día. El resto de estos materiales radiactivos fue vertido en un proceso de nueve días.

El accidente de Chernobyl aportó una demostración de todas las variantes de un vertimiento de radionucleidos que en el pasado eran meras predicciones subjetivas bajo gran controversia. Hoy se ha confirmado que un extenso derrame de material radiactivo ocurrió y que estos materiales fueron transportados a grandes distancias del lugar del accidente.

Tienen que tomarse nuevas precauciones y quizá nada puede llegar a ser tan grave como lo ocurrido en Chernóbil, ya que ahí se conjuntaron varios elementos únicos.

La experiencia Soviética arrojó importantes conclusiones al respecto.

- Un acomodo del vertimiento de la planta. El derrame de radionucleidos

de Chernobil como se mencionó anteriormente, no se debió por un evento único sino que fueron varias las condiciones que propiciaron el derrame continuo de material radiactivo.

Por lo tanto parece que dispersar las fuentes de radiactividad en una planta debe ser como un nuevo elemento tecnológico incluso tras la experiencia de Chernobil.

- **Proceso de Vertimiento Mecánico.** - Es también claro que la combinación de algunos elementos ayudaron a que el derrame se hiciera en condiciones masivas, por lo que sería adecuado prever la situación y buscar nuevas soluciones.
- **Aminorar la solución del vertimiento.** En la Unidad 4 de Chernobil no fue sino hasta el sexto día cuando hubo una satisfactoria aminoración de vertimiento radiactivo.

Elementos como el cesio, yodo, bario, son fácilmente transportados si se someten a altas temperaturas, hecho que debe ser tomado en cuenta.

i) Recomendaciones

Los reportes soviéticos nos han provisto de innumerables reportes del comportamiento de los radionucleidos, mas aún son precisos más datos para comprender la relación entre el comportamiento subsecuente de estas partículas ya en la tierra.

El estado químico de los escombros del núcleo. Este estudio aclara la posible contribución de una reacción química de los restos del núcleo.

Establecimiento de estrategias en el manejo de accidentes, lo que aún se encuentra en sus primeros pasos.

ii) Protección Radiológica

Muchas conclusiones pueden resultar o más bien resultaron de la experiencia soviética, acerca del futuro diseño de plantas, operación, procedimiento y planeación de situaciones de emergencia.

Las primeras medidas tomadas después del accidente se orientaron en la búsqueda de operaciones para estabilizar la planta y calmar a las autoridades alteradas.

Las autoridades en Moscú estaban sumamente impactadas, por lo que enviaron un equipo de especialistas para asistir a las autoridades locales y ayudar en el manejo de operaciones de control.

A su llegada éstos encontraron el problema más grave de lo que esperaban y su decisión inicial fue la evacuación del pueblo de Prypiat. La mañana del 26 de abril. Las instrucciones para el público fueron: quedar se en casa con puertas y ventanas cerradas. Escuelas y Jardines de Niños no abrieron.

Para prevenir la acumulación de yodo en la glándula tiroidea se proporcionó a la población, tabletas de potasio, lo cual fue facilitado por la ayuda voluntaria.

La información le era proporcionada a la población por medio de helicópteros de manera sumamente organizada, brindando ayuda para cualquier situación.

La tarde del 26 de abril, el nivel de radiación aumentó en Prypiat, alcanzando los 10 rems, entonces se llevaron a cabo los planes de evacuación, los que empezaron la mañana del 27. Cerca de 300 personas fueron hospitalizadas por heridas de radiación y quemaduras, a los que se les proporcionó tratamientos especializados y cuidados intensivos durante las dos primeras semanas.

En los días subsiguientes se continuó la evacuación de los poblados cercanos a la Planta.

iii) Descontaminación

El accidente causó una extensa contaminación del ambiente motivada por el vertimiento de productos de fisión y material radiactivo.

En esta zona el suelo, vegetación, edificios y aguas fueron afectadas e incluso zonas situadas a 60 kms a la redonda mostraron significativos niveles de contaminación.

Los planes de descontaminación del área se llevaron a cabo de forma inmediata, ya que los sistemas de ventilación de las Unidades 1, 2, 3, si guieron funcionando, corriéndose serios riesgos. Los métodos en estas Unidades fueron especialmente intensos.

La experiencia obtenida del accidente de Chernobíbil ha sido valiosa ya que se advirtió la necesidad de descontaminar estructuras, superficies y edificios, así como minimizar el riesgo de los trabajadores.

Antes de que se llevaran a cabo los métodos de descontaminación del ambiente dentro de los 30 kms. más afectados, tuvo que ser totalmente enterrada la Unidad 4.

Para la descontaminación del ambiente y específicamente del suelo, se tienen proyectos a largo plazo, por medio de una veaetación capaz de absorber los radionucleidos.

En el medio acuático, las plantas marinas también serán acumuladores del material radiactivo. El propósito es restablecer esta tierra para la agricultura tan pronto como sea posible.

Los problemas que se presentan en el proceso de descontaminación:

ambiental son varios y quizá conocerlos y estudiarlos proporcione métodos más adecuados en caso de una situación similar en el futuro:

- Descontaminación de los niveles más altos de radiactividad.
- Remover vastas cantidades de tierra contaminada hacia lugares específicos.
- Remover o estabilizar la contaminación de bosques.
- Descontaminar las aguas.
- Fijación de los radionucleidos en el suelo utilizando fertilizantes minerales.

"En estos puntos debe propiciarse una amplia cooperación internacional, y todas las naciones que hayan vivido un accidente por pequeño que sea o que corran el riesgo, deben ser invitadas a participar" (52).

2.4.2.2 Perspectivas de la Energía Nuclear tras la Experiencia Soviética

La pregunta que el mundo entero se hizo después de la catástrofe de Chernóbil fue, ¿Qué pasará con la Energía Nuclear? Y si las naciones cierran las Plantas, ¿Cómo podrán hacer frente a la inminente escasez de petróleo? ¿Cómo suplirán ese 15% de energía eléctrica que se produce de la fisión del átomo en el mundo?

La respuesta no es fácil y quizá no se lleguen a definir criterios; sin embargo, como toda otra fuente de energía, la nuclear con sus riesgos y desventajas también brinda un gran número de características que hay que tomar en cuenta, mucho antes de decidir hacerla a un lado.

Hay que considerar que el progreso industrial y social es imposible sin incrementar la generación de energía. En tal caso si la energía mundial utilizara fundamentalmente combustible fósil no es difícil imaginar el impacto atmosférico que esto ocasionaría.

Hoy en día muchas regiones sufren lluvias ácidas, generadas por la contaminación de las centrales termoeléctricas, dicha contaminación no solo contiene óxidos de azufre, nitrógeno y carbono sino también elementos radiactivos cuya concentración no es grande, y por tanto inadvertida por el público, más con el aumento de las concentraciones de carbón y petróleo crecen las acumulaciones de sustancias radiactivas en la atmósfera.

Claro está que la experiencia ocurrida el 26 de abril en Chernobí nos hace pensar en otra dimensión. Chernobí exige revisar críticamente el concepto de fiabilidad de las fuentes nucleares más no rechaza la posibilidad del uso pacífico del átomo.

Chernobí también confirma la necesidad de una amplia cooperación internacional para garantizar la seguridad mundial, hay varias cuestiones que nos atañen a todos, desde el intercambio de información relativa al estudio de las Plantas nuevas, como la elaboración de un sistema de medidas que pudieran prevenir los posibles actos de terrorismo nuclear.

"La Unión Soviética propuso un programa de cooperación internacional, el cumplimiento del cual, a nuestro juicio contribuiría a crear un régimen de desarrollo seguro de la energética nuclear en todo el mundo. Este programa fue presentado a la Junta de Gobernadores de la OTEA"^[52].

Chernobí y Tres Millas revelan algunos de los costos sociales de accidentes nucleares, costos que no fácilmente pueden ser estimados ya que depende del ambiente político y cultural del momento en el país donde ocurra un accidente.

¿Cuál fue la lección que dejó el accidente Soviético, a la Industria Nuclear? Como ya citamos, la necesidad de revisar la fiabilidad de las plantas y la importancia de una cooperación internacional.

[52] Novosti, URSS, Abril 4, 1987, p.46.

En un reporte elaborado por autoridades de la Unión Soviética para el Miti: celebrado en el seno de la OTEA, en Viena se habló de lo siguiente:

- La necesidad de que el diseño de las plantas, en la medida de lo posible sea invulnerable al error humano.
- En caso de tratarse de operaciones especiales que éstas sean manejadas por el Directorio Ejecutivo de la Central, así como por los fabri-
cantes del Reactor.
- Preparar más cuidadosamente el manual de procedimientos del operador.
- Proporcionar una atmósfera adecuada de trabajo en la que la práctica de seguridad sea prioritaria.
- Así como el análisis más profundo de los elementos del núcleo y sus posibles reacciones ante diferentes factores.

Chernóbil también nos hizo pensar y retomar los pensamientos de David Lilienthal, primer Presidente de la Comisión de Energía Atómica, el que propuso exactamente poco después del accidente de Tres Millas lo siguiente: "llamé a varios científicos nucleares para proponerles que desarrollaran un reactor intrínsecamente seguro, uno cuya seguridad más bien no dependiera de la intervención mecánica humana, sino de principios físicos inmutables que incluso en una emergencia no pudieran ser anulados" (53).

Ante esta proposición la comunidad nuclear se mostró muy incrédula, mas hoy en día existen tres diferentes reactores de alta fiabilidad: el reactor modular de alta temperatura y enfriado por gas, y el generador enfriado por sodio y alimentado con metal y el reactor Sueco de Proceso total e intrínsecamente seguro (PIUS), de los cuales, el sueco brinda un mayor grado de seguridad.

[53] Expansión. Julio 9, 1980.

1) Efectos de Chernobil en la OIEA

El impacto de Chernobil fue mundial, mas se acentuó en tres puntos primordialmente que fueron la OIEA, en la Unión Soviética y en los Estados Unidos, aquí hablare únicamente de los efectos en la OIEA.

La Organización Internacional de Energía Atómica ha existido desde hace 25 años, sin embargo por casi 15 años se ocupó de dos actividades. La primera es la de No proliferación de armas nucleares de la cual regula las normas y reglas a través del sistema de salvaguardas; y la segunda es que este organismo provee ayuda técnica y equipo en todo lo relacionado con la Energía Nuclear en desarrollo.

No fue sino hasta 1982 que el Organismo tomó un papel importante en las medidas de seguridad de las Plantas Nucleares como consecuencia del accidente de TMI.

El Organismo cuenta con los equipos de Revisión de Operaciones (OSART) auxiliados por técnicos alemanes, británicos y norteamericanos.

Tras el accidente de Chernobil la agencia ha expandido seriamente sus actividades en seguridad nuclear. El Organismo tendrá que ser cuidadoso en volver a explotar el interés público por la energía nuclear y tendrá que ser más proactivo en analizar reacciones antes que acciones.

A continuación se transcribe la conclusión personal de Valeri Legasov, el que fuera Subdirector del Instituto de Energía Atómica Kurchatov: "Pasará mucho tiempo antes de que se extraigan todas las conclusiones necesarias de esta avería, pero ya hoy, hay algunos aspectos que parecen indiscutibles, el conjunto de averías en las Centrales Nucleares de diferentes países demuestra que la interrelación entre hombres y la máquina es un vínculo que no ha sido optimizado en ninguna nación y por ninguna tecnología.

"Una segunda conclusión en el proceso de liquidación de la avería y en el proceso de estudio de sus consecuencias quedó en claro, la necesidad de que especialistas de distintas naciones trabajen en conjunto."

"Y por último una tercera conclusión que se me antoja evidente cuando uno oye hablar de posible intercambio de golpes nucleares, de los porcentajes mlticos de supervivencia en determinados paises, después de este intercambio cae en cuenta que éstos carecen de fundamentos. Está claro que incluso el intercambio de unos cuantos golpes nucleares provocaría consecuencias tan catastróficas que no se necesita hablar de decenas de golpes".

"Me convencí firmemente de esto cuando vi las consecuencias de la avería central de Chernóbil, al observar el trabajo heroico de aquellos jóvenes que combatieron el fuego y cuando supe de la muerte de gente joven y sana que recibió grandes dosis de radiación".

"La magnitud de los esfuerzos que se requirió para liquidar las consecuencias de la avería nuclear demuestran que la humanidad no podrá sobrevivir a una guerra nuclear por eso, impedir la demencia nuclear es la tarea más urgente, más noble y elevada no sólo para los científicos sino para todas las personas con sentido común" (54).

En el marco del C.I.E.A. se llevaron a cabo desde el accidente hasta septiembre de 1986 diversas reuniones que culminaron en la Conferencia General Extraordinaria en la cual se firmaron dos convenios; la Convención sobre Asistencia en caso de accidente Nuclear o Emergencia Radiológica y la Convención sobre pronta notificación de accidentes nucleares, las que fijaron un marco legal para concertar intereses y acciones en caso de accidentes nucleares.

(54) Novosti, Op. cit., p.

"Es bueno mostrar a aquellos que se esfuerzan a nuestro lado, cómo aparece el esfuerzo de uno mismo... en mirada retrospectiva".

A. Einstein

III. PREVENCIÓN DE LA POSIBILIDAD DE ACCIDENTES NUCLEARES Y DE LA CONSECUENTE CONTAMINACIÓN

3.1 Aspectos Tecnológicos

Selección del lugar.- "Desde el punto de vista de la seguridad nuclear, el principal objetivo del emplazamiento de las Centrales nucleares consiste en proteger a la población frente a las repercusiones radiológicas resultantes de liberaciones accidentales de radiactividad, también han de considerarse las liberaciones radiactivas normales de Centrales Nucleares, al determinar si un emplazamiento es idóneo para construir en él una Central Nuclear" (55), por lo que es preciso examinar los siguientes aspectos:

- a) Efectos de los acontecimientos externos propios de la región de que se trate.

(55) OIEA, Colección de Seguridad # 50-C-IEA, Viena 1979, p. 1.

- b) Características del emplazamiento y sus alrededores que puedan influir en el movimiento de material radiactivo que afecte al hombre.
- c) Densidad y distribución de la población con miras a determinar la posibilidad de llevar a la práctica medidas de emergencia.

Para lograr una óptima selección en cuanto a la ubicación de la Central nuclear, tenemos que considerar que debe ser una zona donde se registren movimientos telúricos de mínima intensidad. Debe encontrarse cerca de una laguna, del mar o de un río caudaloso, ya que el sistema de enfriamiento del reactor requiere cantidades abundantes de agua, que posteriormente serán devueltas al exterior con las mismas características que ésta presentaba antes de ser extraída.

Es importante también, evaluar todos los factores naturales, y los imputables al hombre que concurran en la región, así como vigilar el crecimiento y distribución de la población alrededor de la Central.

"Es importante examinar el potencial de interacción entre efluentes nucleares y no nucleares, tal como la combinación del efecto del calor o de agentes químicos con la presencia de materiales radiactivos en efluentes líquidos" (56).

En relación a los fenómenos externos que puedan afectar la seguridad de la Central, habrá que elaborar estudios de la región sobre la posibilidad de inundaciones debidas a precipitaciones u otras causas, de olas producidas por sismos; estudios sobre inundaciones y sobre olas ocasionadas por el fallo de estructuras reguladoras de agua.

En caso de que no haya pruebas suficientes que en la región no ha habido ninguna falla de la superficie, habrá que estudiar el emplazamiento y sus alrededores minuciosamente.

Se recomiendan estudios sobre la licuefacción del subsuelo, terremotos, tornados, huracanes, accidentes ocasionados por aeronaves, es decir,

(56) OIEA, Op. cit., p. 6.

que la Central no debe ubicarse en una zona que presente densidad de tráfico aéreo.

Por lo que toca a los efectos que influyen en la región debido a las características de la Central, se tomarán en cuenta la dispersión atmosférica elaborando estudios sobre el clima en general y un régimen de los parámetros meteorológicos, detallados mapas que muestren las características topográficas de las regiones próximas a la Central, y las lejanas a ésta.

Se recomienda realizar un estudio en forma de resumen descriptivo de la dispersión de las aguas superficiales, tomando en cuenta lo siguiente: la masa, las variaciones en función al tiempo, en el caso de los ríos la velocidad de sus corrientes, etc., así como la situación de las tomas de agua de los usuarios que puedan verse afectados por una liberación de material radiactivo.

En relación a las aguas subterráneas se realizarán estudios que describan la estratigrafía [57] local de las zonas no saturadas, la delimitación de la capa freática, dirección, movimiento y velocidad de las aguas subterráneas, etc.

Por su parte la distribución poblacional es un punto de suma importancia que exige mantener actualizado a lo largo de toda la vida de la Central, información sobre la distribución actual y proyectada de la población residente y de paso del lugar donde se proponga construir la Central.

Así mismo, se debe realizar un estudio sobre el uso del suelo y de las aguas de la región, determinando la extensión de las tierras dedicadas a la agricultura, a granjas, a zonas residenciales, etc. De las

[57] Estratigrafía: término usado para evitar la existencia de capas estratos en el subsuelo.

aguas utilizadas para pesca comercial y deportiva, de las utilizadas con fines comerciales y de las de abastecimiento de la población. De las aguas y terrenos reservados para la flora y fauna salvaje, como de las vías directas e indirectas de contaminación radiactiva en la cadena alimentaria.

2) Construcción de las Centrales Nucleares en relación a su Seguridad.- "Al diseñar y construir una Central Nuclear se consideran esenciales ciertos principios para asegurar su funcionamiento en condiciones de seguridad. El principal objetivo de las medidas de seguridad es mantener la exposición a las radiaciones que puedan sufrir la población en general y el personal en el perímetro del emplazamiento de la Central, en el valor más bajo posible en todas las situaciones operacionales y en condiciones de accidente.

Para conseguir tal propósito, las Centrales nucleares deben diseñarse, construirse y explotarse según muy elevados niveles de calidad con objeto de reducir al mínimo la probabilidad de fallos que puedan conducir a la descarga de importantes cantidades de materiales radiactivos" (58).

Las funciones básicas de seguridad son las que se refieren a la parada del reactor, debido a la cantidad de material radiactivo presente en el núcleo de éste; las fugas de dicho material radiactivo deben impedirse por medio de barreras sucesivas, éstas deben estar diseñadas de forma tal, que eviten la fuga de radiactividad y se debe encontrar la forma de mitigar las consecuencias en caso de que fallen las barreras.

El diseño de una Central está en base a sus sistemas de seguridad, para verificar que la radioexposición de la población y del personal sea en el valor más bajo, por lo tanto la Central deberá ubicarse en el lugar más propicio en relación a los efectos que pudieran ocasionar fenómenos

naturales, y construirse bajo la posibilidad del máximo accidente factible.

La estructura, sistemas y componentes importantes en relación a la seguridad, se diseñarán de modo que el reactor pueda pararse en condiciones de seguridad y manteniendo cualquier fuga dentro de los límites aceptables de radioexposición humana.

El diseño de una Central deberá tener en cuenta la posibilidad de combinación de sucesos, tales como fenómenos naturales y sucesos provocados por fallas humanas.

El acceso a la Central deberá ser altamente controlado por lo cual es apropiado que ésta se encuentre alejada de poblados.

Las estructuras, sistemas y componentes de importancia para la seguridad, deberán diseñarse, fabricarse, montarse, inspeccionarse y probarse de modo que se consiga un nivel de calidad que corresponda a la importancia de las funciones de seguridad que deban desempeñar, además de ofrecer suficiente fiabilidad.

Al diseñar una Central Nuclear y sus sistemas de seguridad, deberán tomarse en cuenta las averías del equipo, así como las repercusiones de las labores previstas de conservación: pruebas y reparación sobre la fiabilidad resultante de cada sistema individual de seguridad, lo que quedará perfectamente definido antes de que empiece a funcionar una Central.

Los elementos auxiliares del sistema de Seguridad son esenciales para dicho sistema, y son: El agua de refrigeración, los lubricantes, el aire comprimido, los cilindros hidráulicos, la corriente eléctrica, etc.

Se contará asimismo con un sumidero final de calor, que contenga las estructuras, sistemas y componentes adecuados. Esta función se deberá desempeñar con niveles de fiabilidad muy altos, tanto durante la explotación

tación normal como durante los incidentes previstos y en condiciones de accidente.

Las estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad se diseñarán de modo que sean afectados en mínima proporción por incendios que llegaran a suscitarse, así como para evitar fallas secundarias, por lo que serán protegidas de los efectos dinámicos.

Todos los sistemas de una Central que puedan contener materiales fisionables o radiactivos deberán ser diseñados de modo que su operación sea garantizable.

Es preciso que toda Central Nuclear cuente con salidas de emergencia, señaladas de modo sencillo, claro y duradero.

También se le deberá prestar especial atención a las disposiciones que faciliten el cierre definitivo de la Central; procurando exponer al mínimo al personal y a la población en general.

ii) Diseño de los Sistemas de Seguridad del Reactor.- "El núcleo del reactor y los correspondientes sistemas de refrigeración de control y protección se diseñarán de modo que dispongan de márgenes de seguridad apropiados para que los valores límite del funcionamiento previsto no se sobrepasen en ninguna de las situaciones operacionales. Los componentes que forman parte del núcleo del reactor se diseñarán de tal modo que resistan las cargas estáticas y dinámicas previstas en las situaciones operacionales y en las condiciones de accidente de manera que quede garantizada la parada del reactor en condiciones de seguridad y la refrigeración del núcleo" (59).

Los elementos Combustibles son otro aspecto que precisa la mayor

[59] OTEA, Op. cit., p. 13.

fiabilidad posible, y éstos deberán diseñarse de modo que resistan satisfactoriamente el grado previsto de exposición del núcleo.

"Las alteraciones que han de tenerse en cuenta, comprenderán las debidas a la presión externa del refrigerante, a la presión interna adicional, resultante de los productos de fisión en las barras de combustible, a los cambios de presión y temperatura originados por los cambios en la demanda de energía a los efectos químicos, a las cargas estáticas y dinámicas incluidas las vibraciones inducidas por flujos, etc." [60].

Se deberá contar con sistemas para asegurar la parada del reactor en todas las condiciones de accidente, incidentes operaciones previstos y funcionamiento normal y para mantener parado el reactor aún en condiciones de máxima reactividad del núcleo, para lo que se contará con dos sistemas distintos, cada uno de los cuales podrá desempeñar la función en caso de fallo único y será capaz de hacer el reactor subcrítico en condiciones operacionales normales, manteniéndolo en dicho estado, con un adecuado margen de seguridad aún en condiciones de máxima reactividad del núcleo.

Dentro de los instrumentos de alta seguridad se encuentra: a) el sistema de protección; diseñado de modo que inicie automáticamente el funcionamiento de los sistemas adecuados; detecte las condiciones de accidente e inicie el funcionamiento de los sistemas necesarios para mitigar las consecuencias de dichas condiciones; pueda contrarrestar el funcionamiento poco seguro del sistema de control.

A menos que la fiabilidad pudiera ser comprobada por otros métodos éste debe diseñarse para resistir pruebas periódicas de su funcionamiento durante la explotación del reactor.

b) Sistema de Refrigeración del Reactor.- Este, y los sistemas

[60] Ibidem.

asociados auxiliares de control y de protección, se deberán diseñar con un margen de seguridad suficiente para que las condiciones de diseño del confinamiento a presión del refrigerante del reactor no se sobrepasen durante su operación. Si existen válvulas de seguridad, éstas no deberán ocasionar fugas excesivas de radiactividad al entrar en funcionamiento.

Las partes componentes que contienen el refrigerante del reactor, tales como la vasija de presión del reactor o los tubos de presión, las tuberías y uniones, las válvulas y conexiones, las bombas de circulación y los intercambiadores de calor se diseñarán para resistir las cargas estáticas y dinámicas previstas en todas las situaciones operacionales y de accidente.

Se deberá realizar un inventario del refrigerante del reactor, así como una depuración de sustancias radiactivas.

e) Sistema Eléctrico de Emergencia.- Como consecuencia de la posibilidad de un accidente, se requiere de un suministro de electricidad de emergencia. Tal necesidad varía según el carácter del suceso, y esto determina la naturaleza de la función de seguridad que deba desempeñarse. Los medios de suministro de energía son por ejemplo: las turbinas hidráulicas de vapor o de gas, los motores diesel, acumuladores, etc. La corriente puede suministrarse directamente a los dispositivos por ella movidos o mediante un sistema eléctrico de emergencia.

3.1.1 Garantía de Calidad

"La organización a la que incumbe la responsabilidad general de la Central nuclear, deberá ser también responsable del establecimiento y ejecución de un programa general de garantía de calidad eficaz para la Central. La Central responsable puede delegar en otras entidades la tarea de establecer y ejecutar la totalidad o una parte del programa, más siendo responsable de la eficacia del programa en general" (61).

(61) OTEA, Guía de Seguridad No. 50-SG-0A1-0TEA, 1984, p. 1.

Podemos definir la garantía de calidad como todas aquellas medidas sistemáticas y preestablecidas necesarias para dar la debida seguridad que los elementos o instalaciones funcionaran satisfactoriamente una vez que entren en operación. La garantía de calidad comprenderá:

1) Las actividades necesarias para conseguir la calidad adecuada del elemento de equipo o el servicio respectivo, ejemplo el de diseño, adquisición, fabricación, construcción y explotación.

2) Las actividades necesarias para hacer que se establezca y ejecute eficazmente un programa adecuado de garantía de calidad y para verificar que todas las actividades se realicen correctamente, y que se presente una prueba objetiva de la calidad obtenida.

Al conjunto total de actividades establecidas para asegurar la calidad se le conoce como Programa de Garantía de Calidad. Estas actividades pueden ser de índole administrativa, programáticas, las que comprenden el establecimiento de programas y su gestión a través del diseño, adquisición, fabricación, construcción, puesta en servicio y cierre total de la Central, y las de Servicio orientadas al trabajo, las cuales son de índole técnico y comprenderán: la adquisición, fabricación, inspección, ensayo y puesta en servicio.

i) Programa General.- Este está constituido por todas las actividades relacionadas con la Central Nuclear y se establece y ejecuta por la acción combinada de todas las entidades que intervengan en alguna parte de la tarea, la organización responsable, deberá ejecutar las actividades del programa por sí mismo o delegar la totalidad o parte de esta labor a otras entidades debidamente calificadas.

ii) Programas Parciales.- Los sectores del Programa general se denominan programas parciales.

"En el cumplimiento de sus responsabilidades la autoridad encargada de supervisar la labor de los contratistas subordinados en la medida

necesaria para asegurarse de que éstos ejecutan adecuadamente las partes del programa de garantía de calidad que se les ha asignado" [62].

Para determinar los requisitos de un programa de garantía de calidad es necesario clasificar el equipo e instalaciones y adecuarlas a su programa determinado. Para ello se recomienda que el sistema de clasificación de los elementos del equipo y servicios se base en los efectos que tendrá sobre la seguridad, el mal funcionamiento de un elemento o un error en la realización del servicio; a continuación se transcriben algunos factores que es necesario tomar en cuenta:

- a) El carácter complejo, único o novedoso del elemento o del equipo, o servicio.
- b) La necesidad de controles, métodos administrativos e inspecciones necesarias para el proceso, método y los equipos.
- c) El grado en que se pueda demostrar por inspecciones y ensayos el cumplimiento de los requisitos funcionales.
- d) El historial de calidad y el grado de normalización del elemento de equipo o actividad.
- e) La accesibilidad del elemento de equipo una vez instalado en la Central, y para su mantenimiento, inspección durante el servicio y sustitución, así como en las condiciones existentes tras un accidente.

En las guías NUSS, especialmente en la No. 50-SG-QA1, se describen tanto las actividades adecuadas para llevar a cabo dicho programa de garantía de calidad, como los procedimientos para la elaboración de planes de ejecución de un programa de garantía de calidad, la documentación que se requiere, etc.

Sólo se hace hincapié en la importancia de este punto para que la Central Nuclear funcione bajo las máximas normas de Seguridad, y del hecho que éste es imprescindible para que una Central obtenga una licencia de funcionamiento.

[62] OTEA, Op. cit., p. 4.

3.2 Factor Humano

Estudios realizados antes de los accidentes de "Three Mile Island" y de Chernóbil establecieron que más de las dos terceras partes de los accidentes hipotéticos eran originados por errores de operación humanas. Hoy en día esto ha pasado de meras hipótesis a realidades, ya que tanto el accidente de la Central Norteamericana como el de la Central Soviética fueron causados por errores de operación; ya sea por mala interpretación de las señales del tablero de control o por reaccionar equivocadamente al enfrentar el accidente.

Lo grave del error humano no se reduce obviamente a la operación de plantas nucleares; ya que la mayor parte de los accidentes, en cualquier esfera se deben a fallas humanas.

En el campo nuclear se ha tratado de limitar en todo lo posible la factibilidad de un accidente, ya que el impacto que se ocasiona es incalculable, por lo tanto una Planta se construye de tal forma que el riesgo sea casi cero; esta mínima posibilidad de que un accidente se dé precisamente por las fallas que pudieran presentarse en la operación.

Debido a esto los tecnólogos y científicos nucleares han creado sistemas de operación que requieren en menor escala el control humano, así como simuladores a prueba de error. Al margen de esto las Agencias Nacionales de Energía Nuclear, y el Organismo Internacional de Energía Atómica se han preocupado por reforzar la capacitación de los operadores.

La energía Nuclear como hemos mencionado anteriormente, resulta ser la fuente energética más viable, para resolver la crisis de hidrocarburos que se avecina en unas cuantas décadas; sin embargo, "Las espectativas del desarrollo nuclear en todos los países del mundo, sólo podrán cumplirse si los programas nucleoelectrónicos nacionales se planifican adecuadamente y se aplican de manera eficiente, y si las Centrales Nucleares se dise-

ñan, construyen y explotan de una forma segura, fiable y económica" (63).

i) Capacitación del Personal.- Las tareas y actividades relacionadas con la energía nuclear requieren de personal altamente calificado, y esto debe ser una garantía para toda nación que desarrolle un programa nuclear.

El diseño, construcción, montaje y ensayo y puesta en servicio de una Planta están influidos por la competencia de los administradores, profesionales y técnicos y obreros especializados que participan en estas actividades; y que generalmente la demora de cualquiera de estas fases se debe a deficiencias en la competencia y el comportamiento humanos.

"En todo el mundo la dotación total de personal de explotación de las Centrales Nucleares operando puede calcularse en unas 100,000 personas, además de las 157 unidades nucleares en construcción que necesitarán alrededor de 40,000 personas técnicamente calificadas, que las exploten y mantengan adecuadamente. Esto significa una carga sustancial de capacitación y recalificación" (64).

Ante esta situación, el Organismo ha desempeñado numerosas actividades relacionadas con la capacitación de operadores, otorgando primordialmente becas a solicitud de los Estados miembros. Los cursos de capacitación en energía nucleoelectrica, generales y especializados constituyen, el primer proyecto en orden de importancia de la O.I.E.A.; aproximadamente se han impartido cerca de 90 cursos interregionales sobre energía nucleoelectrica que abarcan unas 40 materias, se ha ofrecido cerca de 4500 meses-hombre de capacitación a más de 2,200 participantes procedentes de más de 70 países.

"Paralelamente con la capacitación por medio de cursos se prepararon

(63) OIEA, Boletín OIEA, otoño 1986, vol. 28 # 5, p. 48.

(64) OIEA, Op. cit., p. 48.

gulas técnicas, en una colección que consta de 17 gulas, dentro de las cuales la cuestión de capacitación del personal es relevante.

El Organismo ha iniciado proyectos de asistencia integral. Cuando un estado miembro lo solicite el Organismo lo ayudará a realizar evaluaciones de la disponibilidad del personal y a preparar un programa de formación de personal que incluya:

- La utilización de becas y cursos internacionales ofrecidos por el Organismo.
- La creación de cursos nacionales de capacitación sobre análisis de seguridad, garantía y control de la calidad y gestión de la explotación de las Centrales.

ii) Robotización

"En la actualidad la definición de la palabra 'Robot', explica los rápidos avances tecnológicos y las expectativas modernas. 'La Robotic Industries Association' en los Estados Unidos define Robot como un manipulador multifuncional, reprogramable; ideado para mover mediante piezas instrumentos o dispositivos especializados mediante movimientos variables programados a fin de realizar diversas tareas" (65).

Las Centrales Nucleoeléctricas, donde los niveles de radiación, el calor y la humedad impiden la presencia de trabajadores, están incorporando la robótica dentro de sus programas de modernización de las Centrales. Dichos robots están diseñados para representar la situación actual de los conocimientos en la Ingeniería de la robótica y pueden ser altamente programados para cumplir tareas donde se necesite un elevado grado de fiabilidad en las nucleoelectricas.

Dichas tareas se pueden dividir en dos clases: la primera incluye cuestiones como el corte de tuberías, soldadura, inspección y reparación

(65) OIEA, Boletín otoño 1985, vol. 27 # 3, p. 37.

de los tubos del generador de vapor, así como la explotación ultrasónica de las secciones de tuberías para detectar fisuras.

Los robots de la segunda categoría son los que tienen suficiente inteligencia en sus computadoras para apoyar diversos usos; sin embargo "En contraste con la mayoría de las aplicaciones de la robótica, queremos mantener al hombre en los circuitos en vez de sustituirlo, para que observe el trabajo, adopte decisiones y controle al robot, los dispositivos que procuramos son equipos controlados a distancia y no verdaderos robots" (66). Palabras del Director de Proyectos de EPRI (Electric Power Research Institute, de los Estados Unidos, R. W. Womkleback).

La incorporación de la robótica dentro de los programas nucleoelectrónicos obedece principalmente a, evitar exponer al hombre, a los riesgos de la radiación y a limitar los trabajos de alto riesgo a los robots.

Así mismo, los robots podrán contribuir a aumentar la disponibilidad de la Central, al evitar demoras en las paradas forzosas previstas, y realizar algunas tareas mientras el núcleo está funcionando.

"A realizar tareas de vigilancia e inspección que abarcan la detección de fugas de vapor de agua, la verificación de las posiciones de las válvulas y la lectura de calibradores, hasta la medición de los niveles de radiación de los componentes, y diversos métodos de muestreo para detectar la contaminación" (67).

Debido a la diversidad de actividades que puede desempeñar un robot, se están creando prototipos especializados, algunos de los cuales se usaron por primera vez, en la recuperación y limpieza de la Unidad 2 de la Central de "Three Mile Island" en Pensilvania, E.E.U.U.

(66) OIEA, Op. cit., p. 32.

(67) OIEA, Op. cit., p. 33.

iii) Actualización de las Salas de Control.- "El papel que desempeñan los factores humanos en la instrumentación y el control de las Centrales Nucleares adquirió mayor relieve en esta década, debido a los dos accidentes nucleares de los que ya hemos hecho mención en citadas ocasiones. El accidente de 'Three Mile Island' demostró claramente que los operadores pueden verse agobiados por la sobrecarga de información y que había que prestar mayor atención al elemento humano y a la experiencia operacional existente" (68).

Desde entonces se han realizado importantes avances en la relación con la interfaz hombre-máquina, sobre todo en países como Estados Unidos, Francia y Japón, sobresaliendo la disposición de los tableros de control y paneles de mando, los sistemas de representación visual de los parámetros de seguridad, las instalaciones operacionales de emergencia, los centros técnicos de apoyo, la nueva instrumentación y los procedimientos.

"Sin embargo en algunos casos las reglamentaciones vigentes siguen retardando la utilización de tecnologías computarizadas y avanzadas que son importantes para el perfeccionamiento de la interfaz hombre-máquina" (69).

iv) Distribución interna de la Sala de Control.- Los explotadores nucleares reconocen la importancia de este factor, para realizar una óptima operación, por lo que se seleccionaron varios principios de distribución para determinar las modificaciones y perfeccionamientos que redundaron en un cambio total en los paneles horizontales del tablero de mando frontal y en la pizarra de mando posterior.

v) Centro Técnico de Apoyo.- Este Centro se localiza generalmente próximo a la Sala de Instrumentos y Control y varía su importancia de Central a Central. En la Planta Nuclear de Trojan Portlan, estado de

(68) OIEA, *Op. cit.*, p. 25.

(69) *Ibidem.*

Oregon, las señales de proceso están a cargo de tres computadores que también se utilizan para procesar datos provenientes de los sistemas de representación visual y cualesquiera otros datos de la instalación de operaciones de emergencia" (70).

vi) **Procedimientos.**- "Este punto quizá sea el más relevante en la interfaz hombre-máquina, ya que tiene repercusiones fundamentales en la reacción del operador ante los accidentes, para ello se han realizado estudios y prácticas orientados hacia situaciones específicas.

"Las medidas que se están adoptando para mejorar aún más los procedimientos, a disposición de los operadores están relacionados con el diagnóstico sistemático del deterioro de la situación de enfriamiento y con la formulación de medidas correctivas correspondientes, para evitar o limitar los daños al núcleo" (71).

Los Simuladores juegan un papel de primer orden en la validación de procedimientos de emergencia, por lo tanto este aspecto cuenta con gran apoyo en el área de la investigación para mejorar algunos sistemas esperecíficos de larga duración y el comportamiento del núcleo en caso de daño considerable.

vii) **Evaluación de la situación de la Central.**- Los operadores obtienen un panorama general de la situación de la Planta, gracias a la ayuda de paneles, siempre en forma análoga. Sin embargo, aún queda mucho por realizar en cuanto a los sistemas de representación visual, debido a su importancia para evaluar la situación general de la Central y su eficacia como medida auxiliar para formular diagnósticos. Por lo que es recomendable "Hacer un mayor uso de la representación de datos en pantallas de colores, mediante imágenes que ofrezcan a los operadores una visión general y detallada de la situación; además debe establecerse una estructura

(70) Ibidem.

(71) Ibidem.

jerárquica para dicha representación visual y comprobarse en un simulador" [72].

viii) Por último, se señalan los ensayos periódicos como un punto que puede ayudar a reducir la probabilidad de errores del operador, mediante la automatización total o parcial de las operaciones humanas y la centralización de los mecanismos de vigilancia y control de la Sala de Mando.

3.3 Dispositivos de Seguridad

"Se deberá establecer un sistema de contención dentro de límites aceptables las descargas de radiactividad al medio ambiente en condiciones de accidente, a menos que pueda probarse que tales descargas de radiactividad pueden limitarse por otros medios. Dicho sistema puede incluir edificios o confinamientos herméticos aislados, subsistemas de supresión de presiones e instalaciones de limpieza. Tal sistema se denomina generalmente 'de contención' y puede tener diversas soluciones desde el punto de vista de la ingeniería, según los registros del diseño" [73].

Dichos sistemas deben contar con una resistencia óptima basados en la tolerancia suficiente de presiones y temperaturas internas, y en efectos dinámicos tales como los producidos por proyectiles y por fuerzas de reacción resultantes de las condiciones de accidente. Las posibles reacciones químicas y radiolíticas deberán tomarse en cuenta también, así como la presión y temperatura de la atmósfera de contención.

El sistema de contención del reactor deberá ser diseñado en forma tal, que no presente fugas que excedan la tasa máxima en condiciones de accidente.

Todas las penetraciones en sistema de contención, deberán cumplir con los mismos requisitos de diseño que la propia estructura, y deberán ser protegidas de las fuerzas de reacción procedentes del movimiento de las tuberías o de cargas accidentales, tales como las producidas por proyectiles, chorros y latigues de las tuberías al romperse.

1) Válvulas de aislamiento del Sistema de Contención.- Todo conducto que penetre en la contención, como parte del confinamiento a presión del refrigerante del reactor o conectado directamente con la atmósfera de la contención, deberá ser obturable en caso de accidente, para así evitar

[73] OIEA, Colección de Seguridad, No. 50-C-D-OIEA, Viena 1979, p. 20'

una descarga de elementos radiactivos al medio ambiente.

"Las válvulas de aislamiento se situarán lo más cerca posible de la contención. El aislamiento de la contención deberá estar concebido al criterio del supuesto de un fallo único" (74).

El acceso del personal a la contención se realizará mediante esclusas equiparadas con puertas de enclavamiento para que, al menos, una de las puertas permanezca cerrada durante el funcionamiento del reactor y en condiciones de accidente.

El diseño de contención contará con vías de acceso entre compartimientos separados dentro de la contención. "Las secciones transversales de los conductos entre compartimientos se deberán diseñar de modo que las diferencias de presión que tengan lugar durante la igualación manométrica en condiciones de accidente no dañen la estructura que resiste la presión ni otros sistemas de importancia para limitar los efectos en condiciones de accidente" (75).

Otro aspecto relevante es contar con medios para la eliminación del calor de la contención del reactor. La función de seguridad de dichos medios consistirá en reducir la presión y temperatura de la contención después de fugas accidentales de fluidos de alta energía, y en mantenerlos dentro de valores bajos admisibles.

El control de los productos de fisión, hidrógeno, oxígeno y otras sustancias que puedan liberarse en el interior de la contención, es también un punto de gran importancia que:

- 1) reducirá la cantidad de productos de fisión que puedan descargarse en el medio ambiente, durante las condiciones de accidente; y

[74] OIEA, Op. cit., p. 21.

[75] OIEA, Op. cit., p. 22.

- 2) mantener en valores aceptables la concentración del hidrógeno oxígeno u otras sustancias en la atmósfera de la contención durante condiciones de accidente, con objeto de evitar explosiones y deflagraciones.

Las cubiertas y recubrimientos de los componentes y estructuras de contención se deberán escoger con sumo cuidado, para que éstos desempeñen sus funciones de seguridad y a fin de que no se dé interferencia con otros dispositivos de seguridad en el supuesto que estos contenedores no funcionaran.

iii) Protección Radiológica. - La finalidad de ésta es impedir que las radiaciones escapen a los límites permisibles. Tal finalidad se obtendrá en la etapa de diseño mediante:

- 1) La adecuada disposición y blindaje de las estructuras, sistemas y componentes que contengan materiales radiactivos.
- 2) La debida atención al diseño y equipo de la central de modo que se reduzca a un mínimo el número de personas del emplazamiento expuestas a la radiación y a la contaminación, así como el tiempo de dicha exposición.
- 3) Las medidas para el tratamiento de los materiales radiactivos para su eliminación en el emplazamiento o para su transporte desde el mismo bajo forma y condiciones apropiadas.
- 4) Disposiciones adecuadas para reducir la cantidad y concentración de materiales radiactivos diseminados en la central o descargados en el medio ambiente.

La Central debe ser diseñada teniendo en cuenta la necesidad de limitar la exposición a las radiaciones tanto en su interior como exterior, para situaciones de operación y en caso de accidente. Asimismo deberá contar con instalaciones de descontaminación tanto del personal de operación como del equipo, y con la adecuada manipulación de los desechos radiactivos.

Tratamiento de desechos radiactivos. Debe contar la Central con un programa de tratamiento de los desechos procedentes del ciclo nuclear, ya sean líquidos, gaseosos, o sólidos. También contará con sistemas de manejo y transporte de estos desechos, lo que debe realizarse de acuerdo con las instrucciones de las autoridades competentes.

3.4 Medidas de seguridad para casos de emergencia en una Central Nuclear

"Las Centrales Nucleares se diseñan para ser explotadas con márgenes de seguridad suficiente, con el fin de tener la certeza de que las actividades operacionales se llevan a cabo sin indebidos riesgos radiológicos para la población en general, ni para las personas que se encuentran en el emplazamiento de la Central; sin embargo, a pesar de todas las precauciones adoptadas no se puede excluir la remota posibilidad de que se produzcan fallos o condiciones de accidente que ocasionen una situación de emergencia nuclear. Estas situaciones se diferencian de otros casos de emergencia, en que en las primeras se producen o es probable que se produzcan liberaciones de radiactividad o exposiciones inaceptables, por lo que la entidad explotadora ha de realizar preparativos en colaboración con las autoridades nacionales, regionales y locales o con otras entidades para hacer frente a tales situaciones" (76).

1. **Plan General de Emergencia.**- Es un plan de aplicación a un emplazamiento determinado de una Central Nuclear que comprende todas las actividades planificadas para ser realizadas por las autoridades y organizaciones a las que corresponda desempeñar una función, en caso de que se produzca una situación de emergencia.

2. **Plan de emergencia de la Central Explotadora.**-Este plan de emergencia de la entidad explotadora comprende todas las actividades planificadas para ser realizadas por la entidad, o bajo su responsabilidad, en caso de un siniestro.

3. **Plan de emergencia de las autoridades públicas.**- Plan que comprende las actividades planificadas para ser realizadas por las autoridades públicas o bajo su responsabilidad en caso de que se produzca una situación de emergencia.

(76) OIEA, Colección de Seguridad No. 50-SG-05, p. 1.

Antes de que la Central entre en operación, deberán estar en forma completa estos planes y deberán realizarse ejercicios para verificar que son factibles y que el personal ha sido adecuadamente entrenado.

El establecimiento y ejecución del plan general de emergencia requieren la actuación coordinada de la entidad explotadora, del órgano regulador y de las autoridades públicas, se recomienda que la responsabilidad de la coordinación general incumba a uno de estos órganos o entidades.

La formulación de estos planes de emergencia requieren, un proceso y un ordenamiento que coordine con la forma de operar de las instituciones de emergencia del emplazamiento en la Guía de Seguridad No. 50-SG-06, del O.I.E.A. Se describen los principios de un Plan de Emergencia, las Situaciones de Emergencia; que pueden ser de cuatro formas:

- 1) Alerta o situación de emergencia.
- 2) Situación de emergencia limitada a la Central.
- 3) Situación de emergencia limitada al emplazamiento.
- 4) Situación de emergencia fuera del emplazamiento.

Asimismo, se describe la organización requerida para hacer frente a una situación de emergencia, las instalaciones con que debe contar la Central para responder a una emergencia adecuadamente, la puesta en práctica de medidas de emergencia y por último la forma de asistir al personal afectado.

Esta guía conjuntamente con otras que definen más minuciosamente la forma de realizar programas de emergencia tanto externos como internos, son de gran ayuda para los operadores de una Central, ya que es un requisito importantísimo para que una Central empiece a operar, que cuente con planes bien definidos y que éstos sean conocidos tanto por el personal como por la población circundante al emplazamiento de la Planta Nuclear.

3.5 Reglamentos y Gulas como parte fundamental para la óptima operación de una Central

Una Central Nuclear requiere de reglamentos y gulas para poder operar; éstas son tan importantes como podría ser el entrenamiento de operadores, o los dispositivos de seguridad, entre otras cosas, todos estos elementos forman un conjunto integral e imprescindible para la óptima operación de una Nucleoeléctrica.

El término reglamento, utilizado en los Códigos de Seguridad del Organismo, significa toda regla establecida por el órgano reglamentador con carácter obligatorio, en conformidad con el sistema jurídico del país, la que puede caracterizarse como requisito, criterio, objetivo, norma o procedimiento, o designarse por algún otro término. Asimismo, gula significa todo documento establecido por el órgano reglamentador para que sirva de orientación, pero carente de obligatoriedad legal (77).

"En una fase temprana del desarrollo de un programa nucleoelectrico, el órgano reglamentador de un Estado Miembro debería definir la función de los diversos documentos normativos necesarios para el cumplimiento del cometido de dicho órgano. Los que se clasifican en tres categorías:

- Leyes.
- reglamentos, licencias y condiciones para la concesión de las mismas, más otros documentos preceptivos.
- gulas y otros documentos de asesoramiento.

Las leyes son requisito previo para la conformación de reglamentos y gulas, éstas son las que confieren autoridad al órgano reglamentador.

(77) OTEA, Colección de Seguridad No. 50-SG-09, OTEA, Viena 1986, p. 2.

Los reglamentos corresponden a la Administración del Estado Miembro o al Órgano reglamentador, su principal objetivo es codificar los requisitos de seguridad, de aplicabilidad general, éstos deberán definir los procedimientos de concesión de licencias y los requisitos de seguridad considerados esenciales, para garantizar la propia seguridad del trabajador y de la población en sí.

Los reglamentos deberán, cuando menos, indicar los requisitos mínimos que el Órgano reglamentador considere necesarios para conseguir y mantener la seguridad; asimismo este sistema de reglamentos deberá facilitar información anticipada a los solicitantes o concesionarios de licencias sobre los requisitos de seguridad.

Por su parte las guías, deberán ser establecidas por el Órgano reglamentador o bajo la autoridad del mismo, su finalidad es suministrar información detallada y específica sobre enfoques técnicos y administrativos aceptables para satisfacer los requisitos de seguridad mencionados en el reglamento, al establecer dichas guías es conveniente tener en cuenta los conocimientos más recientes en la materia, incluidos los adelantos técnicos que comprueben ser altamente fiables.

Ahora bien, para definir si una determinada materia debiera tener carácter obligatorio y por lo tanto ser objeto de un reglamento, o tan sólo de una guía, es preciso referirse a los requisitos establecidos por la legislación y el grado en que la materia de que se trate pueda razonablemente considerarse esencial para el cumplimiento de dichos requisitos (78).

No todos los reglamentos en los distintos países se desarrollan de igual manera, los países altamente industrializados que cuentan con amplios programas nucleoelectrónicos no consideran necesario establecer extensos y detallados reglamentos para la concesión de licencias, ya que este proceso se desarrolla caso por caso con el Órgano reglamentador.

(78) OIEA, Op. cit., p. 2.

Por su parte los países que no cuentan con un programa nuclear avanzado si requieren de sistemas uniformes en completo acorde a sus Constituciones, leyes y reglamentos para otorgar licencias, o simplemente para poner en operación una Central nuclear, para lo cual se basan en lo siguiente:

- 1) Establecer reglamentos y guías referentes concretamente a la tecnología nuclear. Esos documentos se elaboran mediante la colaboración de organismos oficiales, fabricantes, compañías de electricidades, organizaciones independientes, de expertos y otras entidades o personas que intervengan en el proceso de concesión de licencias de centrales nucleares.
- 2) Adoptar las recomendaciones de organizaciones internacionales y reglamentos y guías de otros Estados Miembros, con las modificaciones necesarias.
- 3) Adaptar los reglamentos y guías del propio Estado Miembro referentes a tecnologías convencionales de modo que se ajusten a las especiales necesidades de la seguridad en tecnología nuclear.

Cuando un país comienza a incursionar en esta área, es decir, en la producción de electricidad por medio de nucleocélulas, es muy importante que reciba asesoría en cuanto a sus sistemas de reglamentos y guías del país que le vende el reactor, equipo e instalaciones.

Los reglamentos básicos necesarios en esta etapa pueden dividirse en tres categorías:

- 1) Objetivos y criterios básicos de seguridad, en particular los requisitos de protección radiológica.
- 2) Requisitos referentes a la estructuración y conducción del proceso de concesión de licencias, incluidos los procedimientos.
- 3) Requisitos técnicos relativos al emplazamiento, diseño, construcción

y explotación de centrales nucleares, incluida la garantía de calidad.

Cabe señalar que el sector de garantía de calidad debería ser objeto de reglamentos y guías; es una etapa suficientemente temprana para tener la certeza de que los requisitos de garantía de calidad pueden ser cumplidos en todas las fases del primer proyecto de Central Nuclear.

Para formular los reglamentos y guías en torno al manejo de energía nuclear para fines pacíficos, se puede, como se mencionó anteriormente, contar con la asesoría del país vendedor, o si un Estado Miembro lo solicita el O.T.E.A. puede facilitar servicios de consultores o gestionar la prestación de tal asesoría al órgano reglamentador.

Las fuentes de información son: en primer lugar la legislación del Estado Miembro en la cual deben estar basados; deben tomarse en cuenta las normas industriales nacionales de institutos de investigación, relativas a las esferas nucleares o adaptables a ésta.

Otra fuente importante son precisamente los documentos del Programa NUSS (79) que tratan de cinco materias: Emplazamiento, Diseño, Explotación, Organizaciones Nacionales y Garantía de calidad.

Otras fuentes de información son:

- 1) Las normas y recomendaciones relativas a la seguridad preparadas por otras organizaciones internacionales tales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), la Organización Internacional de Normalización (ISO) entre otras.
- 2) Los reglamentos, guías y otras informaciones pertinentes preparadas por los órganos reglamentarios de otros países.
- 3) La Legislación Nacional de otros Estados Miembros.
- 4) La experiencia adquirida por la industria nuclear y documentada en

(79) OIEA, Op. cit., p. 12.

- registros e informes de los concesionarios de licencias.
- 5) Los resultados de las investigaciones sobre seguridad nuclear realizadas tanto en el país como fuera de él.
 - 6) Los informes y estudios en que se exponga la experiencia de materia de emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio o cierre definitivo, adquirida en otros estados.
 - 7) Las normas industriales de otros países incluidas las establecidas por organizaciones profesionales, institutos de investigación y entidades industriales relativas a materias afines o adaptables a las centrales nucleares.

"... el científico que se preocupa por las relaciones entre la ciencia y la política, está realizando un servicio público de gran valor".

Jay Orear

IV. LEGISLACION NUCLEAR, HACIA UN NUEVO CAMPO EN EL DERECHO INTERNACIONAL

Con motivo del descubrimiento de las facultades del átomo al fisio- narse y de la consecuente liberación de energía, el horizonte científico modificó las expectativas energéticas del mundo y por ende surgió la nece- sidad de crear una legislación, así como Organismos de carácter interna- cional y nacional, encargados del tutelaje y desarrollo de esta nueva fuerza.

El 7 de marzo de 1960 en un curso sobre Derecho de la Energía Nu- clear, nació propiamente el primer antecedente de la reglamentación jur- dica, derivando la necesidad de que las naciones de la tierra crearan instrumentos jurídicos propios para regular el uso de la energía nuclear en los Estados.

En la medida que el Estado se convierte en el agente principal de desarrollo de la energía nuclear, se hace evidente el tener que regular una actividad que ha cobrado trascendente relevancia, no sólo porque el control de la energía nuclear debe estar fundamentalmente en manos del Es tado, sino porque el uso y explotación de ella van impactando la vida

social del ser humano. "Este control se basa a juicio del licenciado mexicano Sr. Cardona, en tres causas principales: la primera de ellas se refiere a la seguridad, la segunda a motivos de índole económico y por último al control que el Estado debe mantener en cuanto a las necesidades de la prospección radiológica (80).

El Estado está encargado del control de los materiales atómicos, de la producción de energía y del empleo de radioisótopos, así como de crear los organismos jurídicos apropiados, con la finalidad de orientar y dirigir las investigaciones, estudios, experiencias y explotaciones conducentes a la óptima aplicación de la energía nuclear.

En muchas naciones del mundo el Estado fue abriendo el monopolio nuclear a la participación privada, regulando claro está, por medio de instituciones de carácter jurídico dicha participación.

La mayor parte de las legislaciones nucleares nacionales emanan de la legislación nuclear internacional, a diferencia de muchas otras leyes que se basan de una fuente interna para luego proyectarse internacionalmente.

Sin embargo, como característica de la normatividad internacional, la reglamentación en torno a la energía nuclear es reflejo de la tendencia norteamericana por lograr instrumentos jurídicos internacionales que le permitiesen un mayor control y vigilancia sobre los posibles usos de la liberación del átomo. Nada tiene de extraño que las iniciativas de esta nueva energía proviniesen de este país.

El régimen internacional existente sobre Energía Nuclear se caracteriza por ser un derecho eminentemente convencional, la NO PROLIFERACION DE ARMAS NUCLEARES, sostenido por el TNP (81) y las Salvaguardias adminis

(80) Problemas Jurídicos de la Energía Nuclear,

(81) Ver Anexo # 2 .

tradas por el Organismo Internacional de Energía Atómica, así como los tratados y convenios que se han firmado, ya sea con carácter multilateral como el EURATOM o bilateral, constituyen la base esencial de esta nueva rama del derecho.

"Tanto el establecimiento de las salvaguardias sobre las instalaciones civiles de energía nuclear como la creación del OIEA, se remontan al discurso del Presidente norteamericano, ante la Asamblea General de Naciones Unidas, el 8 de diciembre de 1953, este discurso marcó el abandono de la política secreta en relación a la energía nuclear que habían seguido los Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial" (82).

La idea principal del Presidente Norteamericano era desviar algunos de los materiales nucleares utilizados en la creación de armamento, hacia un uso pacífico; así como establecer un Organismo internacional para el control de dichos materiales.

Después de varias y calurosas negociaciones el Estatuto del OIEA quedó abierto para su firma el 26 de octubre de 1956 no obstante, Este sólo era un débil eco de la propuesta de Dwight Eisenhower, que aunque contaba con salvaguardias de asistencia técnica, carecía de poder para imponerlas fuera de no ser de sus propios proyectos.

El Estatuto explicitaba los derechos y responsabilidades del OIEA, cuando las Salvaguardias eran aplicadas a sus propios proyectos, o a previa solicitud de otros acuerdos. Estos derechos y responsabilidades incluyen: "Examinar y aprobar el diseño de instalaciones nucleares, aprobar los medios de procesamiento químico o de materiales irradiados y enviar inspectores a los Estados receptores para determinar el cumplimiento de los compromisos de no usar los materiales, equipo e instalaciones nucleares para fines militares" (83).

[82] Yager Joseph, Energía Nuclear, Cooperación Internacional, ed. Fraterna, S.A., B.A. Argentina 1981, 250 p., p. 40.

[83] Yager Joseph, Op. cit., p. 41.

Sin embargo, la opatla generalizada hacia el Organismo detuvo su evolución. Los Estados Unidos que aún entonces dominaban la esfera nuclear eran renuentes a ceder el control directo establecido en acuerdos bilaterales, mas con el tiempo se percataron de las ventajas de transferir la función de salvaguardia a un Organismo Internacional, e hicieron del OIEA parte de los Convenios bilaterales.

El Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares

"El Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares fue negociado durante algunos años en la Comisión de 18 países para el desarme, Comisión presidida por Estados Unidos y la Unión Soviética, el Tratado quedó abierto para su firma el 1° de julio de 1968 y entró en vigor el 5 de marzo de 1970" (84).

La esencia del TNP, consiste en la obligación de los Estados poseedores de Armas Nucleares a no transferir dichas armas, y a no prestar asistencia a Estados que pretendan la fabricación de armas atómicas; requiere también que los Estados no poseedores de armas nucleares, acepten las salvaguardias del OIEA, para la totalidad de sus actividades nucleares. Por otra parte garantiza el derecho de todas las partes a dedicarse a las actividades nucleares pacíficas y las obliga a cooperar para el desarrollo de la energía nuclear con fines pacíficos, asimismo obliga a todas las partes a realizar negociaciones de buena fe sobre medidas tendientes a cesar la carrera armamentista nuclear y el desarme.

Tres Estados poseedores, la Unión Soviética, Estados Unidos y Gran Bretaña y 127 no poseedores de armas nucleares han ratificado el TNP, de los cuales 84 ya hablan negociado para 1980, acuerdos de Salvaguardias con el OIEA.

(84): Vager Joseph, Op. cit., p. 42.

Los acuerdos de Salvaguardias firmados en correspondencia con el TNP, cumplen con los requisitos establecidos en la INFIRC/153, del 22 de abril de 1971, la cual aplica salvaguardias a todas las actividades nucleares de un país dado, y no con los de la INFIRC/66 Rev-2 que se aplica únicamente a acuerdos del Organismo u a países que no se han adherido al Tratado, las salvaguardias de esta circular se aplican a equipo o instalaciones designadas por el firmante del acuerdo (85).

El sistema actual de Energía Nuclear, cuenta con dos amplias ventajas, ya que compromete formalmente a una gran mayoría de naciones a detener la expansión del armamentismo y brinda la certeza de que las instalaciones nucleares civiles bajo salvaguardias no se usarán en Programas Militares, empero aún contando con estas ventajas, existen esfuerzos por mejorar el sistema tratando de cubrir ciertas lagunas, por medio del establecimiento de restricciones a las transferencias de materiales, equipo, y tecnología, entre otras cosas.

América latina dió un gran ejemplo al mundo, cuando firmó el Tratado de Tlatelolco, único Tratado de desnuclearización regional, donde los países signatarios convienen en no adquirir armas nucleares ni permitir el estacionamiento de las mismas en su territorio, además conviene en aceptar las Salvaguardias del OIEA para sus instalaciones civiles de Energía Nuclear.

El Tratado de Tlatelolco quedó abierto para su firma el 14 de febrero de 1967, la mayoría de las naciones latinoamericanas lo han firmado, salvo Cuba y de los 23 signatarios sólo Argentina no lo ha ratificado.

El Derecho Nuclear, como la mayor parte de las ramas del Derecho Internacional, presenta obstáculos que le dificultan el logro de sus objetivos fundamentales, en ocasiones los Estados se muestran reacios a adoptar

(85) Vager Joseph. Op. cit., p. 42.

Las propuestas que la Seguridad Internacional recomienda, impidiendo, de esta forma el cumplimiento de acuerdos internacionales en pro del desarme.

Las perspectivas de lograr mejoras sustanciales en el régimen internacional actual de energía, son a lo sumo limitadas. Dicho régimen no dista de su punto máximo; pocos países más con potencial nuclear llegaron a formar parte del TNP, sin embargo es un reto para la Sociedad Internacional el estimular a las naciones del globo a ubicar la energía nuclear como una fuente de progreso que puede ser manejada en un clima de paz y cooperación.

El uso de la Energía Nuclear genera derechos y obligaciones. Obligaciones como el responsabilizarse ante cualquier accidente nuclear que tenga repercusiones internacionales; lo anterior ha motivado a muchas naciones a firmar tratados de responsabilidad por daños nucleares.

4.1 Régimen de Responsabilidad por daños nucleares

Debido a la magnitud del impacto que puede ocasionar un accidente nuclear, en todos los aspectos, ya sea ecológico, fisiológico, psicológico y/o social, surgió la necesidad de establecer un Código que regulara la responsabilidad ocasionada por un accidente nuclear.

Dadas las grandes medidas de precaución y los múltiples dispositivos automáticos de seguridad adoptados en la construcción de una planta nuclear, así como en la instalación y vigilancia que sobre dichas plantas ejerzan tanto Organismos de carácter nacional como internacional, las posibilidades de un accidente son pocas; sin embargo lo ocurrido en Tres Millas, Pensilvania y en Chernóbil, Ucrania, han dejado duras experiencias que reflejan que un siniestro puede ocurrir a pesar de contar con los más altos descubrimientos tecnológicos en materia de seguridad.

Los daños nucleares se dan, y pueden ser el resultado de un accidente relacionado con la instalación nuclear o con materiales radiactivos durante su transporte, con la finalidad de calmar la inquietud producida ante la posibilidad de una catástrofe y de la protección financiera, la protección civil por daños nucleares se regula internacionalmente.

El primer instrumento acerca de dicha Responsabilidad se dio "el 29 de junio de 1960 en el Convenio de París, cuyo depositario fue la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y entró en vigor el 1º de abril de 1968; el segundo instrumento fue la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por daños nucleares de 1963, cuyo depositario fue el OIEA, entró en vigor en 1977" [86].

Ambos establecen un régimen especial de responsabilidad encaminada a garantizar la adecuada compensación de los daños que pueden dimanar de

[86] OIEA, Boletín primavera 1985, vol. 27, # 1, p. 50.

determinados usos de la energía nuclear con fines pacíficos, el régimen se basa en:

- Responsabilidad absoluta y exclusiva del operador de la instalación nuclear de que se trata.
- Limitación de la responsabilidad del operador en cuanto a y tiempo.
- Obligación del operador de cubrir su responsabilidad mediante seguro u otro tipo de seguridad financiera.
- Garantía de la participación del Estado para atender las reclamaciones de compensación que exceden los Fondos de Seguridad financiera del operador" (87).

Estos instrumentos han sufrido modificaciones debido al mismo desarrollo de la energía nuclear. El Convenio de París se complementó con el de Bruselas del 21 de enero de 1963 a fin de establecer un sistema de ayuda mutua entre las partes contratantes, dicho Convenio Complementario del cual es depositario el Gobierno de Bélgica entró en vigor el 28 de enero de 1974.

Posteriormente en el marco de la OCDE se aprobaron dos protocolos más, los que aún no entran en vigor y se relacionan a la utilización de Derechos Especiales de Giro (DEGS) como unidad de cuenta para las sumas de compensación.

2) **Transporte.** Este punto ha sido uno de los más delicados a tratar, en las diversas Convenciones, ya que en determinadas circunstancias la responsabilidad por el daño nuclear ocasionado durante el transporte internacional de materiales nucleares se puede hacer recaer sobre el explotador de la instalación y sobre el transportista, lo cual conflictúa la obtención de seguros adecuados para cubrir dicho transporte.

El Convenio relativo a la Responsabilidad Civil por daños nucleares

(87) Ibidem.

en materia de transporte aprobada en Bruselas en diciembre de 1977, intenta resolver este problema al numerar a toda persona sobre la que pudiera recaer la responsabilidad por daños nucleares en virtud de una Convención Internacional en el caso en que el operador de una instalación nuclear sea responsable.

ii) **Seguro Nuclear.** - Para lograr una mayor coordinación y eficacia y garantizar que los mercados de seguros cubrieran las sumas impuestas a los operadores nucleares responsables, las aseguradoras se asociaron desde el inicio de este régimen y fueron tomados en cuenta sus puntos de vista y experiencias.

En resumen, los instrumentos jurídicos internacionales de los que ya hemos hecho mención establecieron lo siguiente en el marco de la responsabilidad por accidentes nucleares:

- a) El ámbito de la aplicación de la legislación nuclear tiene que ser restringido y claramente determinado en la legislación especial.
- b) La responsabilidad civil por daños a terceros que tenga su origen en un accidente nuclear se canaliza en el explotador de la instalación nuclear.
- c) La indemnización por un daño nuclear debe ser limitada para el explotador, sin perjuicio de la aportación que haga el Estado cuando el importe del seguro o garantía financiera no alcance a cubrir los daños.
- d) El plazo para reclamar la indemnización debe ser por lo menos de diez años, sin perjuicio de que el Estado, mediante un Fondo especial, repare los daños que puedan manifestarse después del aludido plazo, como consecuencia de los llamados daños inferidos.
- e) Debe ser obligatorio el concertar un seguro por accidente o una garantía financiera como requisito previo para autorizarse la puesta en marcha de una instalación nuclear.

f) Debe de preocuparse que exista un tribunal único para entender de las demandas de indemnización y con gran arbitrio a favor del tribunal para la práctica de pruebas" (88).

g) La intervención del Estado queda justificada cuando el daño producido por su carácter catastrófico agote con la póliza o garantía financiera exigida para otorgar la licencia de explotación (89).

También en el supuesto de que aparezca un damnificado después de transcurrido el plazo de reclamaciones.

Con el propósito de actualizar y mejorar el Régimen de Responsabilidad por daños Nucleares se celebró en Munich en 1984 un Simposio organizado por el OIEA, la AEN (Agencia de Energía Nuclear) y la OCDE. En dicho simposio se puso en relieve la necesidad de realizar ajustes al Régimen, para hacerlo más dinámico y fiable.

En relación a la cuantía de indemnización, punto que se ha prestado para una gran polémica y afecta la credibilidad del régimen, se acordó así, adoptar un sistema de "Compensación con cargo a fondos públicos, para hacer frente a los daños cuya indemnización sea superior a la suma agregada disponible en virtud del Convenio Complementario de Bruselas que asciende a 120 millones de DEG, es decir 122 millones de dólares estadounidenses, este es el caso de los Países Bajos, la República Federal Alemana y Suecia, donde la cantidad máxima para la responsabilidad del Estado se ha fijado en 1000 millones de florines, 1,000 millones de marcos y 3,000 millones de coronas respectivamente por accidente" (90).

El concepto de la responsabilidad sin límite fue otro de los temas analizados en este simposio, enfoque novedoso fuertemente defendido,

(88) Problemas Jurídicos, Op. cit., p. 69.

(89) Problemas Jurídicos, Op. cit., p. 65.

(90) OIEA, Boletín Primavera 1985, vol. 27 # 1, p. 49.

aunque surgió la duda de que la responsabilidad sin límite trajera consigo un aumento eficaz de la seguridad financiera disponible y que se pudiera conciliar el concepto de responsabilidad sin límite.

En cuanto al plazo que debe aceptarse para que una reclamación sea hecha fue alargado a más de diez años a opción de los aseguradores, el plazo establecido en el convenio de París. Este sistema opcional es bastante flexible para que los legisladores no dependan de un período limitado, esto se contempla siempre y cuando existan fondos públicos para las reclamaciones de compensación durante cualquier período más largo.

Se propuso así mismo, actualizar algunas de las disposiciones de la Convención de París, especialmente en relación con la Unidad de Cuenta empleada para determinar la cantidad mínima de responsabilidad del operador.

Por último en este Simposio se confirmó, por medio de las propuestas presentadas por aseguradoras que "la estabilización de los conceptos de responsabilidad y cobertura era un requisito previo para lograr una mayor contribución a la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos" (90a).

Convenio relativo a la Responsabilidad Civil en la esfera del Transporte Marítimo de Sustancias Nucleares

La necesidad por crear una legislación en materia de responsabilidad civil en caso de accidente nuclear trascendió a esferas como la del transporte, que ha gozado de gran interés no solo por parte de los Estados sino también de Organismos Internacionales, preocupados por el riesgo que implica el acarreo de sustancias altamente peligrosas.

El Convenio relativo a la Responsabilidad Civil en la esfera del Transporte Marítimo de materiales nucleares, que data de 1971, es un claro ejemplo de la cristalización de este interés.

El artículo primero a la letra dice: "Toda persona que en virtud de un convenio Internacional o de normas de Derecho Nacional vigentes aplicables al transporte marítimo pudiere ser considerada responsable de los daños y perjuicios causados por un accidente nuclear será exonerada de dicha responsabilidad".

Si el empresario de la instalación nuclear fuere responsable de daños y perjuicios en virtud de una norma de derecho nacional que rija la responsabilidad por daños y perjuicios siempre que dicha norma sea tan favorable en todos sus aspectos a quienes sufrieron los daños y perjuicios como el Convenio de París o de Viena". (90b).

El Convenio también se aplica a los daños causados a la instalación nuclear y/o al medio de transporte especificando que este no excluid de responsabilizar a quienes causasen daño de manera intencional, ni a los propietarios de buques nucleares cuyo combustible o sustancias radiactivas ocasionen un accidente con su consecuente vertimiento en el mar.

(90b) Artículo 1º del Convenio Relativo a la Responsabilidad Civil en la esfera del Transporte Marítimo de Sustancias Nucleares.

México aún no pertenece al Convenio, en torno a lo cual existe una gran inquietud, ya que estando tan próximos de poner en operación la Central Laguna Verde, el flujo de combustible radiactivo aumentará a nuestro país, y con esto la necesidad de que existan normas internacionales que protejan el equilibrio ecológico que pudiera estar en peligro y en este caso el medio marino.

4.2 Desarrollo de la Legislación para prevenir la Contaminación Nuclear

La protección del medio ambiente, así como de toda la fauna terrestre, se ha convertido en un aspecto de interés humano que por muchos años fue ignorado.

El deterioro constante de nuestro habitat ocasionó cambios fundamentales que aún no han sido evaluados totalmente, quizá desconoscamos el terrible impacto que inconscientemente estamos viviendo.

Debido a lo deteriorado de nuestro planeta, lo que ha despertado mayor interés es cómo y cuánto podemos hacer para mejorar nuestro hogar, la tierra.

El estilo de vida moderno se basa en la expansión tecnológica y en el crecimiento económico, éstos encaminados a incrementar las expectativas de mejoras sociales. En décadas pasadas los sistemas legales dirigieron sus esfuerzos en busca del desarrollo económico y no fue sino hasta 1929-1930 que nació una verdadera conciencia internacional por la protección del Medio Ambiente. Fueron intentos aislados de algunos gobiernos las chispas que motivaron a la Sociedad de Naciones a concluir en una Convención para el control de la Contaminación, estos esfuerzos se vieron truncados durante el período de guerra y en 1956 volvieron a darse intentos por la preservación natural, solo que entonces se encausaron a la protección de la vida salvaje.

Entre 1950-1960 la Organización Mundial de Transporte y Comunicación promovió un trabajo para el Control de la Contaminación por petróleo en los océanos.

Estos intentos aislados no encontraron el eco deseado y no fue sino hasta 1965 que se despertó en los países desarrollados la necesidad por preservar nuestro mundo, ya para entonces la caza irracional de ballena azul la colocaba en extinción comercial. Dos años después se dio otra

evidencia de nuestro descuido por el medio ambiente: El Super Tanque Líbico "Tonrey Canyon" vertió 120,000 toneladas de petróleo crudo en las costas inglesas y francesas. Dos años más tarde en las Costas de Santa Bárbara, California, se repeta esta tragedia.

"Mientras estos acontecimientos iban deteriorando nuestro ecosistema, la ambición de conquista del hombre lo había llevado al espacio y entonces sobrevino otra gran advertencia. Por medio de fotografías el hombre confirmó que la tierra es pequeña, bella, única, finita y vulnerable" (91).

Entonces la atención internacional por la protección del planeta comenzó a dar pasos firmes. En 1968 la UNESCO convino en la Conferencia sobre la Biosfera donde científicos de todo el mundo se unieron para advertirnos de la necesidad de desarrollar un mecanismo racional y coordinado para la preservación de los recursos naturales. En 1970 la Organización Mundial de Agricultura y Alimentación (FAO) reunió en Roma a cientos de Compañías pesqueras para hablar de la evidente contaminación del mar.

Estos esfuerzos cristalizaron en 1972, cuando la Organización de Naciones Unidas ofreció la Conferencia sobre "El Medio Ambiente Humano", esta conferencia estimuló el interés público tanto que los Gobiernos se vieron en la necesidad de implementar métodos de protección ambiental por tanto tiempo rechazados, dicha Conferencia también señaló la necesidad de crear una Agencia Internacional encargada de que los principios de protección ambiental se cumplieran (UNEP).

Sin embargo, a partir de esta Conferencia Internacional poco se ha hecho y los progresos son bastante lentos, esto resulta más claro para aquellos sucesos de carácter internacional que sólo pueden resolverse a través de negociaciones. En 1969 la Secretaría General de la ONU advirtió

(91) R. Michael, H. Gonigle and Mark W. Zacher, Pollution, Politics and International Law, Tankers at Sea, publisher Pricss, 1979, p. 5.

"Soluciones ecológicas existen para la mayoría de los problemas de contaminación de la Industria más no se aplican generalmente debido a razones de carácter económico o político" (92).

En los últimos años se han constituido un sin número de Organismos de carácter internacional o regional que tienen por principio la preservación del Medio Ambiente, más la conformación tan vulnerable del sistema internacional del que forman parte no les permite avanzar firmemente. Por otro lado la conciencia de protección no ha despertado de manera uniforme y son meramente las naciones desarrolladas, las que han incursionado en este campo, de la Protección Ecológica; por su parte las naciones subdesarrolladas, cuyo ingreso primordial deviene de la explotación irracional de sus recursos; en donde esta conciencia ecológica no ha tenido eco alguno, y donde una tecnología de tercera clase y malos usos en la explotación natural están acabando de manera alarmante con su propio habitat.

La Contaminación no es un fenómeno moderno, no es privativo del hombre y, en realidad quizá haya precedido la aparición del hombre sobre la tierra.

La Contaminación producida por el hombre en el siglo XX es un reflejo del crecimiento demográfico del desarrollo tecnológico de estándares de vida, así como de los hábitos de consumo asociados con el desarrollo económico. Los efectos más graves de esta tendencia incluyen la difusión cada vez mayor de los desechos y la destrucción de la naturaleza. Como el problema de la Contaminación proviene de muchas causas, algunas de las cuales son de carácter político o altamente económico, su solución no será fácil. La mayoría de los problemas de Contaminación se complican aún más por el hecho de que los enfoques de alcance meramente nacional, aunque importantes, son demasiado limitados para asegurar una prevención y

(92) Barros James, Contaminación y Derecho Internacional, Ed. B.A. Marymar, p. 5.

un control duraderos. Muchas de las formas de Contaminación tienen un alcance transnacional y deben considerarse dentro del marco de un sistema moderno de Derecho Internacional, adecuado a las necesidades de la comunidad Mundial Interdependiente del último período del siglo XX" (93).

La problemática de la Contaminación concierne a todas las ramas de la actividad humana y su control no deberla ser privativo de algunos sectores u Organismos, ante todo se debe comenzar por despertar la conciencia pública del peligro que esto representa.

La Ciencia y el derecho por su parte colaboran para el tratamiento de los problemas de contaminación; así mismo las aportaciones del Derecho Internacional están ligadas con las herencias de los sistemas legales nacionales. Sin embargo, el Derecho Internacional en lo que concierne a los problemas de contaminación ha sido irregular, un ejemplo es que pocos avances se han registrado en la preservación del aire o del subsuelo cuando se han dado adelantos significativos en la contaminación de mares y océanos; esto se debe a varias razones, una de ellas es que el espacio aéreo no fue visto tempranamente como una responsabilidad internacional.

Por lo que concierne a nuestro tema particular, la contaminación ambiental por sustancias radiactivas, se percibió en un primer momento como un fenómeno de Derecho Internacional y de políticas de desarme y no como un problema que incumbe a los entes Internacionales encargados de la preservación del entorno.

No fue hasta 1968 con la firma del Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares que se unieron los ámbitos de seguridad y preservación, en busca de lograr un uso de la Energía Nuclear que ofrezca la mayor seguridad posible.

La tarea de delimitar el campo del Derecho Internacional al entorno

(93) Barros James, Contaminación y Derecho Internacional, Ed. B.A. Marimar, p. 3.

y más específicamente al control de la Contaminación Nuclear es difícil y prematura. En lo que se refiere al medio ambiente están involucradas todas las esferas del Derecho Internacional; esta generalidad ha ocasionado una falta de unificación y seriedad a los dispositivos internacionales referentes a la preservación internacional.

"Los principios de Derecho Internacional no son primitivos ni arcaicos, más en la actualidad se cuestionan seriamente su adecuación para el tratamiento de problemas ambientales, tales como la Contaminación, parte de la dificultad puede atribuirse a la ausencia de un Organismo Internacional para el entorno, que desempeñe las funciones de información, etc." (94).

Esto en cierta forma se vio resuelto en 1972, como se mencionó anteriormente, por la determinación de la Asamblea de la ONU de crear un Organismo y un fondo para estos propósitos, asignándole a este nuevo Consejo de Administración de las Naciones Unidas para programas relacionados con el entorno, y a la Secretaría del Entorno, así como a su Director Ejecutivo, medidas para la puesta en práctica de recomendaciones. Dichas medidas albergan la esperanza de lograr un nuevo impulso para reestablecer normas y políticas más adecuadas destinadas a la Comunidad Internacional. El programa de Naciones Unidas para el medio ambiente ha realizado importante labor a la protección del ecosistema, sin embargo en materia de contaminación nuclear, la tarea ha sido encomendada al Organismo Internacional de Energía Atómica.

Las políticas ambientalistas tendrán que ir evolucionando de manera que se vuelvan más ambiciosas, sobre todo tras comprobar que a nivel internacional muchas naciones no han concretado logros suficientes, cubriendo la necesidad de que se tomen medidas desde un foro internacional. La Contaminación del entorno no es un problema focal o regional, atañe a la

(94) Barros James, Op. cit., p. 413.

Comunidad Internacional; esto se constata en los recientes esfuerzos por modernizar el derecho del mar, por ejemplo.

Otro avance ha sido el afianzamiento del principio de responsabilidad de los Estados, a medida que los avances tecnológicos planteen nuevas exigencias al manejo de los recursos sobre todo aquellos compatibles en el ámbito internacional; por otra parte existe la posibilidad de que los riesgos y peligros de seguridad se compartan con los ambientales, y el trabajo conjunto de los distintos Organismos planteen soluciones más viables. La experiencia obtenida por el Control de la Seguridad puede ser importante y útil a los problemas de Contaminación, ya que la política ambiental está destinada en parte a asegurar a las poblaciones contra los riesgos de la Contaminación.

Esto resulta más evidente en lo que se refiere a la reglamentación de los usos pacíficos de la energía nuclear, cuestión que plantea otra clase de problema, más se ha dado una diversidad de intentos internacionales para proteger la salud y la seguridad que podrían verse afectados por la exposición de elementos radiactivos.

"La mayoría de estas medidas internacionales son relativamente recientes; ya que pertenecen a la era pre-Estocolmo de preocupación por los problemas ambientales y ocupan un lugar de honor en la historia del Derecho Internacional sobre Contaminación" (95).

Una nueva legislación

El pensar en un proceso jurídico internacional relativo a la prevención y control de la Contaminación confronta un sinnúmero de problemas. "Uno de los cuales reside en equilibrar la necesidad de la integridad conceptual con la demanda de utilidad práctica" (96).

(95) Barros James, *Op. cit.*, p. 417.

(96) Barros James, *Op. cit.*, p. 547.

Existe un interés primario por parte de los juristas por aceptar un papel más creativo dentro de los marcos de la investigación frente a la complejidad del contexto social en el que se dan los problemas ambientales.

El sistema jurídico que se encargue de las cuestiones ambientales debe ser amplio, más disciplinado en relación a la tradición del Derecho Internacional mismo, aunque resulta difícil visualizar la posibilidad de un Derecho Internacional Ambiental que trate de abarcar todos los problemas que intervienen en la preservación del Medio Ambiente.

El Derecho Internacional ha alcanzado importantes logros en materia de Contaminación, pero este no quiere decir que haya un verdadero control sobre el problema y aunque algunas naciones desarrolladas han alcanzado avances relevantes, no olvidemos que en el mundo en desarrollo este problema se intensifica, debido a la pobreza de sus economías, y queda en último papel en orden de importancia.

El Derecho Internacional está supeditado a una sociedad que ha sufrido transformaciones fundamentales en su naturaleza y estructura, especialmente en los últimos años, las que lejos de haber terminado, han modificado la esencia del Derecho Internacional, más la Ciencia de este Derecho se apoya en el sistema de Relaciones Internacionales que se originaron en la época de Grocio y Gentili y que llegó a su culminación a principios de este siglo.

"La principal preocupación del derecho internacional clásico, tal como fue formulado por Grocio y sus demás fundadores fue dar forma y establecer en la diplomacia internacional, normas de conducta generalmente aceptadas.

La diplomacia internacional traducida a reglas de Derecho Internacional, estaba interesada principalmente en el arreglo de las soberanías territoriales, la condición legal de los océanos, las inmunidades diplomáticas

cas, etc. Por tanto el Derecho Internacional clásico tenía poco o ningún interés en cuestiones de bienestar social" (97).

Si las relaciones internacionales de hoy en día se basan en un Código que se fundamenta en su base clásica, es necesario pensar en una adecuación que alcance todas las esferas de la vida internacional, aunque es preciso aclarar que han ocurrido cambios trascendentales en las propias bases, por principio "El exclusivo Club de Naciones 'Cristianas' Occidentales, que componía la activa Comunidad de Derecho y Relaciones Internacionales, se ha expandido en unas décadas y ha llegado a ser un vasto conglomerado compuesto de más de un centenar de naciones legalmente soberanas" (98).

La esfera y alcance del Derecho Internacional han aumentado considerablemente en las últimas décadas y se extienden a relaciones que están fuera de las relaciones formales entre Estados. El Derecho Internacional se ha transnacionalizado, un nuevo tipo de transacción internacional ha ganado importancia, estas, que se encuentran en un lugar intermedio de la composición del Derecho Internacional, se conocen como Convenios Internacionales, los cuales han brindado aportaciones sustantivas a la evolución de Derecho Internacional.

En lo que toca a la prevención de la Contaminación por sustancias Radiactivas se han firmado numerosos convenios que vienen a fortalecer la labor de los Organismos Internacionales encargados de prevenir la contaminación nuclear.

"Una característica fundamental de la Organización Internacional de la post-guerra es su carácter funcional, de lo que se ha derivado una compleja sociedad de organismos con objetivos diferentes, esto es precisamente el punto clave de la Organización Internacional, y que es la única

(97) Friedman Woldson, La Nueva Estructura del Derecho Internacional, Ed. Trillas, S.A., México, 1967, p. 17.

(98) Friedmann, Op. cit., p. 18.

posible en nuestros días; es también la que refleja la estructura presente de las relaciones internacionales" (99).

[99] *Friedmann Woldsan, Op. cit., p.*

4.3 Legislación Interna y Externa

"Cuando la liberación de la energía atómica por fisión o por fusión dejó de ser una cuestión estrictamente militar, se abrió ante nosotros el camino más prometedor para el progreso pacífico del hombre; se hizo patente la necesidad de una política legislativa nueva y audaz que regulara la producción y utilización de la nueva fuente de energía, por lo menos al principio el gobierno debería continuar teniendo en sus manos las riendas de su desarrollo y reservarse amplios poderes de control y monopolio, a fin de asegurarse de que no disminuirían sus esfuerzos técnicos y científicos en este campo y de que con ello no se veía amenazada la seguridad nacional; tras una batalla reñida y crucial se acordó crear una nueva Organización Civil que centralizara las nuevas actividades gubernativas" (100).

Estas palabras del profesor Riesenfeld nos perfilan claramente el desarrollo de las Agencias en materia nuclear que surgieron internacionalmente de la mano con el mismo proceso de nuclearización de los distintos países del mundo. El objetivo de dichas Agencias era romper el monopolio que sobre esta fuente energética tenían los gobiernos de sus Estados y en segundo lugar se buscaba la participación de la iniciativa privada, siempre y cuando sus actividades estuvieran supervisadas y reguladas, bajo todas las normas de seguridad que dicho potencial energético requiere.

El esfuerzo internacional se reflejó en las jurisdicciones de las naciones más desarrolladas; donde fue posible el establecimiento de Organismos Públicos Competentes, la mayoría de estos con personalidad jurídica propia y con gran amplitud en lo relativo a administración y finanzas, para tener a su cargo las misiones tanto de carácter ejecutivo como científico relativas al desarrollo de la energía nuclear.

A continuación se presenta a grandes rasgos la Organización Interna

[100] Problemas Jurídicos, *Op. cit.*, p. 110.

en relación a la energía nuclear de tres de las naciones más desarrolladas en esta área:

4.3.1 Alemania Occidental

Para 1979 Alemania contaba con una generación nuclear de 9,600 megavattos, sus expectativas para 1985 eran de 20,200 MW de electricidad.

El desarrollo nuclear de este país ha sido vertiginoso a pesar de su entrada tardía en el campo nuclear, sobre todo en sus primeros años, ya que los partidos ambientalistas, como el Partido Verde, representan una fuerte oposición, que ha detenido muchos proyectos nucleares, más se espera que Alemania base su producción eléctrica en la generación nuclear en un futuro no lejano.

Organismos Públicos Competentes

"El Ministerio Federal de la Energía Nuclear y de Economía Hidráulica, hoy de la Ciencia fue creado por la decisión del Gobierno Federal el 6 de octubre de 1955" [101]. Se conformó en dos departamentos, uno para cuestiones jurídicas, económicas y administrativas internacionales y otro para cuestiones técnicas como investigación y protección de la Contaminación Radiactiva.

Sus poderes son: 1) Reglamentario; promulga órdenes aplicables en relación al artículo 54 de la Ley Atómica; 2) Administrativo; se ejerce en los casos previstos en la misma Ley Atómica.

Organismos Consultivos

a) La Comisión para la Seguridad de los reactores, creada el 30 de enero de 1958; su principal función es examinar la construcción de los

[101] Problemas Jurídicos... Op. cit., p. 171.

reactores y de otras instalaciones nucleares.

b) Comisión Atómica Alemana, creada por decisión del Gobierno Federal el 21 de diciembre de 1955, su función es aconsejar al ministro de la Energía Nuclear y de Economía Hidráulica.

Régimen de Combustibles Nucleares

"La Dieta Federal, de acuerdo con el Consejo Federal promulgó la Ley sobre el uso pacífico de la energía nuclear y protección contra sus peligros" (102). Dicha Ley Atómica se basa principalmente en los estatutos del Organismo Internacional de Energía Atómica, de los Tratados del EURATOM y de la Convención de la OCDE sobre seguridad.

La Ley Atómica será la encargada de autorizar el tráfico de instalaciones estatales y de productos fisible, ya sea para importación o exportación.

La autorización para la importación y exportación de los combustibles nucleares la expide la Oficina Federal de Economía Industrial quien decide sobre la materia.

Acuerdos Bilaterales

"Los acuerdos concluidos entre la República Federal Alemana y los Estados Unidos prevén que la RFA puede adquirir la propiedad de combustibles nucleares facilitados en virtud de tales acuerdos y tener derecho a traspasarlos en el interior de la República a personas por ella autorizadas.

De acuerdo con el Convenio concluido con Gran Bretaña se fijaron las condiciones relativas al régimen de Combustibles nucleares en cada caso" (103).

(102) *Problems Jurídicos...* Op. cit., p. 201.

(103) *Ibidem*.

El acuerdo con Canadá prevee la transferencia de combustibles a personas autorizadas por la RFA.

Acuerdos Multilaterales

El más importante es el EURATOM y determina que los materiales físicos especiales son propiedad de la Comunidad, aunque los usuarios tienen derecho a la utilización y consumo, en su forma más amplia independientemente del Tratado de EURATOM.

Régimen de Instalaciones Nucleares

La creación o explotación de instalaciones nucleares está sometida a una autorización del "Land" en que radican. El Land ejerce un derecho de vigilancia y supervisión; a continuación se transcriben las condiciones para obtener una autorización:

- El solicitante debe ofrecer las garantías adecuadas y las personas encargadas de la construcción deben ser calificadas.
- La instalación debe responder a todas las condiciones científicas y técnicas relativas a la prevención de accidentes.
- El solicitante debe disponer de las garantías financieras determinadas por la autoridad competente para cubrir daños eventuales.
- Deben adaptarse medidas contra actos de sabotaje y otros hechos violentos por parte de terceros.
- La elección del terreno donde ha de instalarse la planta no debe rozar intereses públicos vitales principalmente en lo que se refiere a la conservación de la pureza del agua, suelo y aire.

Reglas para la Utilización de Radioisótopos

El Gobierno Federal es el que tiene a su cargo la autorización de la construcción y explotación de una instalación para la producción de radiaciones ionizantes.

"El artículo 11 de la Ley Atómica prevé que el Gobierno Federal puede dictar las disposiciones necesarias para someter a autorización la producción, almacenaje, la utilización y el transporte, así como la importación y exportación de los combustibles nucleares" (104).

Control y Seguridad

La Ley Atómica hace cargo al Gobierno Federal de la correcta utilización de la Energía Nuclear para que no pueda poner en peligro la seguridad interior y exterior de la República Federal.

Acuerdos Internacionales

"En virtud de los acuerdos bilaterales concluidos entre la República Federal, de una parte y los Estados Unidos, Gran Bretaña y Canadá por otra, los gobiernos de dichos países tienen derecho de vigilar las instalaciones en las cuales se utilizan combustibles nucleares con el fin de que los materiales, equipos y servicios facilitados no puedan utilizarse más que para los fines indicados en dichos acuerdos" (105).

En relación a los Artículos 77 u 88 del EURATOM, dicha Comisión debe asegurarse de que sus Estados miembros:

- No empleen material fisible para usos distintos a los que han declarado.
- Que se respeten las disposiciones relativas al abastecimiento y todo compromiso particular relativo al control suscrito de la Comunidad.
- La Convención de la OCDE sobre el establecimiento del Control de Seguridad es aplicable en sus países miembros y está en relación con los Acuerdos del EURATOM.

(104) Problemas Jurídicos... *Op. cit.*, p. 245.

(105) Problemas Jurídicos... *Op. cit.*, p. 221.

Así mismo la RFA como miembro del OIEA, está sometida al sistema de control establecido por dicho Organismo: 1) Todo proyecto realizado con la ayuda del organismo; 2) a todos los productos fisibles especiales y otros productos, a los servicios, al equipo y a las instalaciones, facilitados por el Organismo; 3) a cualquier acuerdo bilateral o multilateral a petición de las partes; 4) a tal o cual actividad de un Estado en el campo de la energía nuclear a petición de éste.

Régimen de Minerales de Uranio y Torio

En la RFA, la legislación minera proviene esencialmente de los *Landers*. "Aunque la mayoría está fundada en los principios de la Ley Minera General del Estado Prusiano del 24 de junio de 1986" (106).

El Estado no interviene sobre el mercado del uranio y del torio, aunque la Ley Atómica somete a autorización la importación y exportación, la transferencia por el interior del país; la autorización para la importación y exportación es dada según dicha Ley y para las otras actividades pueden otorgarlas los Organismos Competentes.

4.3.2 Estados Unidos de Norteamérica

Los Estados Unidos han sido y siguen siendo en la actualidad el principal proveedor de materiales y equipo nuclear. Hasta hace unos años este país ejercía tal dominio que incluso sus principales competidores, RFA y Francia dependían de él, lo que les ha permitido ejercer un rol de liderazgo.

Si en un principio quisieron mantener el control total de la energía nuclear, el adelanto al respecto, de la Unión Soviética y de otras naciones los hicieron cambiar de táctica; hoy en día mantienen contratos de

(106) Problemas Jurídicos... *Op. cit.*, p. 141.

cooperación con varias naciones y grupos de naciones que permiten la asistencia norteamericana a Programas de Investigación; aunque es preciso hacer notar que entre sus Programas de ayuda se excluye la tecnología de enriquecimiento y de la aplicación directa de usos militares. De esta manera desalientan el desarrollo independiente de capacidad para el ciclo del combustible.

Los acuerdos de cooperación nuclear de los primeros años estipulan salvaguardias de instalación específicas y salvo que el país se hubiera adherido al TNP, se encontraba en libertad de emprender programas nucleares independientes.

Después de liberarse la información sobre la tecnología de regeneración en 1956 y al haber mayor confianza en las salvaguardias internacionales, la proliferación de instalaciones con fines militares instó a Estados Unidos a restringir sus exportaciones de tecnología a mediados de los sesentas. En 1974 la detonación de un dispositivo nuclear por la India, llevó a los Estados Unidos a implementar controles mayores a sus exportaciones.

En 1978 el Congreso promulgó la Ley de No Proliferación Nuclear; dicha ley constituye una enmienda a la ley atómica de 1954.

"La Ley de No Proliferación Nuclear es una pieza legal compleja, que estipula una serie de medidas legislativas y exige una variedad de negociaciones internacionales destinadas a promover las metas antiproliferativas de los Estados Unidos, se compone de seis partes que tratan respectivamente de la Seguridad de los abastecimientos de Combustible, el fortalecimiento de criterios y la organización administrativa de la Política Exportadora Nuclear de los Estados Unidos" (107).

En la sección 127 se especifican seis criterios de exportación:

1) Las Salvaguardias de las exportaciones nucleares de los E.E.U.U.;

(107) Vager Joseph. Op. cit., p. 202.

2) Ninguna exportación nuclear ni material derivado de las mismas puede usarse para la fabricación de un explosivo nuclear; 3) debe mantenerse una adecuada protección física a todas las exportaciones y materiales derivados de los mismos; 4) para la transferencia de exportaciones debe obtenerse aprobación previa de los Estados Unidos; 5) no puede utilizarse regeneración o alteración a alguna de las formas o contenido de ningún material nuclear exportado por E.U.A.; 6) no puede exportarse tecnología norteamericana alguna, para enriquecimiento, regeneración o producción de agua pesada, salvo que las condiciones antes mencionadas se apliquen a cualquiera materiales o equipos nucleares derivados.

En el artículo 128 se establece un último criterio para que continúen las exportaciones norteamericanas a los "Estados no poseedores de armas nucleares que al momento de la exportación deben tener salvaguardias del OTEA para la totalidad de sus actividades nucleares pacíficas" (108).

Organismos Públicos Competentes

Podríamos hablar de que los Organismos Nacionales encargados de la regulación nuclear en los Estados Unidos, se remonta al mismo proyecto Manhattan que empezó en 1942, cuando el Presidente Roosevelt, equivocadamente advirtió de la ventaja alemana sobre la fabricación de una bomba.

Incluso antes de que la bomba atómica fuese arrojada sobre Hiroshima, la Armada Norteamericana, propuso la creación de una Agencia llamada "Atomic Energy Commission", la cual tendría a su cargo decisiones importantes en relación al uso de la Energía Nuclear; en ese tiempo para fines militares meramente. No fue sino hasta la declaración del Acta de Energía Atómica de 1946 que la AEC quedó inscrita en la legislación norteamericana creando así mismo "The Joint Committee on Atomic Energy", el cual sería el regulador del Programa Nuclear Nacional.

(108) Yager Joseph, *Op. cit.*, p. 203.

Si en un principio la AEC tuvo fines militares básicamente, el Acta Nuclear de 1946 le dió un carácter civil, buscando que: "El Programa Atómico Nacional fuese un clásico ejemplo de la acción democrática norteamericana" (109).

La Ley Atómica de 1954 le dió mayor autonomía a la Comisión, permitiendo un cambio de información entre los Estados Unidos y las naciones extranjeras. Su política influyó en el desenvolvimiento de una nueva rama de la economía norteamericana y puede tener repercusiones para el conjunto de ésta, ya que las cantidades de dólares que se manejan en la Industria Nuclear son un importante sector en la balanza comercial de esta nación.

Otra consecuencia de esta ley han sido los numerosos acuerdos concertados por los Estados Unidos con carácter bilateral con otras naciones.

Miembros.- Los miembros de la Comisión son nombrados por el Presidente de la Nación y con el consejo y consentimiento del Senado, el Presidente relacionará la experiencia y méritos de la persona propuesta. El período que duran en su cargo los miembros de la AEC es de 5 años (110).

Oficina.- La Comisión se instala en el Distrito de Columbia o en sus alrededores. La Comisión o cualquier otro representante, debidamente autorizado podrá ejercer todos o parte de sus poderes, en cualquier lugar, sin embargo, la Comisión tendrá una oficina para el servicio de procedimientos y documentos en el Distrito de Columbia.

Divisiones, Oficinas y Cargos; (secc. 25)

Se crean dentro de la Comisión:

(109) Hertzstgaard, Mark, Nuclear Inc., Pantheon Books, New York, p. 18.

(110) De los Santos Lasurtegui Alfonso. Problemas Jurídicos de la Energía Nuclear. ed. Jen, p. 87.

a) Una división de aplicación militar y otras divisiones, que la Comisión determine para llevar a cabo su misión. El director de la División de Aplicación militar será miembro activo de las Fuerzas Armadas.

b) Una oficina de Asesoría General, bajo la dirección del Asesor General, que será designado por la Comisión.

c) Una división de inspección.

Comité Asesor General.- Habrá un Comité Asesor General que asesorará a la Comisión en cuestiones científicas y técnicas relacionadas con materiales, producción, investigación y desarrollo que estará integrado por nueve miembros elegidos por el Presidente de los Estados Unidos de América, entre el personal civil. Cada miembro tendrá mandato por seis años salvo algunas excepciones que aquí no se mencionan (111).

Comité de Relaciones Militares.- Consiste en:

a) Un Presidente que será jefe del mismo, designado por el Presidente de los Estados Unidos de América, por consejo y consentimiento del Secretario.

b) Un representante o representantes de cada uno de los departamentos de Guerra, Marina, Aviación, en número igual según lo determine el Secretario de Defensa.

Comité Asesor sobre Seguridad de Reactores.- "Por la presente Ley de 1954 se crea un Comité Asesor sobre Medidas de Seguridad para Reactores compuesto por un máximo de 15 miembros designados por la Comisión para un mandato de cuatro años cada uno. El Comité revisará los estudios sobre medidas de seguridad y las solicitudes de licencias de instalación que le sean pasadas y hará los correspondientes informes, aconsejando a la Comisión con respecto a los riesgos que ofrecen los reactores existentes o en proyecto, y la eficiencia de las medidas de seguridad propuestas, llevará a cabo otros cometidos que la Comisión pueda señalar. Uno de los

(111) De los Santos, *op. cit.*, p. 71.

miembros del Comité será elegido Presidente, los miembros del Comité recibirán una dieta diaria por asistencia a reuniones y conferencias cuando trabajen para el Comité (112).

Licencias de Energía Atómica

Las licencias son conferidas por la AEC, sin embargo queda prohibido, que cualquier persona dentro de los Estados Unidos transfiera, comercie, fabrique, posea o use, cualquier instalación de utilización o producción, excepto con cargo y de acuerdo con licencias emitidas.

"Cuando la Comisión haya declarado por escrito que cualquier tipo de instalación de producción o utilización ha sido desarrollada eficientemente, para resultar de valor práctico para fines industriales o comerciales, la Comisión podrá conceder licencias para resultar de valor práctico para fines industriales o comerciales para ese tipo de instalación en conformidad con la sección 103" (113).

Licencias Comerciales

a) La Comisión concederá licencias para transferir, o recibir, adquirir, poseer, usar, importar o exportar en conformidad con las condiciones de un acuerdo de cooperación concertado en correspondencia con la sección 12.

b) La Comisión concederá licencias a quien:

- proponga desarrollar actividades que tengan un fin útil.
- que cuenten con equipo para observar las medidas de seguridad para proteger la salud, reducir al mínimo el peligro para vidas y poblaciones.
- Que se comprometan a facilitar a la Comisión, la información y datos técnicos con respecto a las actividades desarrolladas bajo esa licencia,

(112) De los Santos, Op. cit., p. 92.

(113) De los Santos, Op. cit., p. 102.

que la Comisión estime necesaria, para proteger la salud, seguridad y defensa del pueblo.

c) Cada una de estas licencias será concedida por un lapso y tiempo determinado.

d) La Comisión está autorizada para emitir licencias a personas que lo soliciten, para instalaciones de utilización para uso de terapéutica médica.

e) Asimismo para personas destinadas a la investigación y desarrollo conducentes a la demostración del valor práctico de dichas instalaciones para fines industriales y comerciales.

La Comisión se ocupará de:

- a) Presentar condiciones uniformes para autorizar a individuos como operadores.
- b) Determinar la capacidad de estos individuos.
- c) Emitir licencias de estos individuos.
- d) Suspender esas licencias a nombre de estos individuos de cualquier disposición de la ley, para cualquier norma o disposición emitida como consecuencia de sí misma.
- e) Conceder licencia general por las actividades sujetas a licencia según la sección 101. Si la Comisión determina por escrito que esa licencia general no constituye un riesgo injustificado para la defensa y seguridad común.
- f) Emitir licencias para la exportación de esas instalaciones, si la Comisión determina por escrito que su exportación no ha de constituir un riesgo injustificado para la seguridad y defensa común.

"Toda licencia emitida conforme a la sección 103 ó 104 y todo permiso de construcción concedido de acuerdo con la sección 53, 63 u 81 (Ley Nuclear de 1954) podrán ser suspendidas y que el beneficiario tenga y concederle protección financiera del tipo y cuantía que la Comisión esta-

blezca de acuerdo con la subsección 1706, para cubrir la responsabilidad civil, cuando se exija esta protección financiera la licencia estará sujeta también a que el concesionario lleve a cabo y mantenga un acuerdo de indemnización de acuerdo con el apartado 170. La Comisión podrá exigir asimismo como condición para la concesión de licencias que el solicitante renuncie a toda inmunidad de responsabilidad civil pública conferida por la ley del Estado Federal (114).

Comité Conjunto de Energía Atómica

Se creó dicho Comité, integrado por nueve miembros del Senado, designados por el Presidente de Este, y nueve de la Cámara de Representantes designados por el Presidente de la Cámara.

Dicho Comité hará estudios continuados de las actividades de la Energía Atómica y de los problemas relacionados con el desarrollo, uso y control de la misma.

Todos los proyectos de Ley, resoluciones y otros asuntos que pasan al Senado o la Cámara de Representantes que se requieran principalmente a la Comisión o al desarrollo, uso y control de la energía atómica, pasarán al Comité adjunto.

El Comité está autorizado para designar y fijar compensaciones para los peritos y asesores y personal técnico y administrativo en la medida que estime necesario y aconsejable. "El Comité conjunto está autorizado para utilizar servicios de información, instalaciones y personal de departamentos y organismos del Estado" (115).

(114) De los Santos, Op. cit., p. 120.

(115) De los Santos, Op. cit., p. 127.

Reglamentación en Combustibles Nucleares

"En Estados Unidos se considera como materias primas reglamentadas, el uranio y el torio o los minerales que contengan éstos, en la proporción determinada por la AEC" [116].

La Iniciativa Privada puede explotar cualquier mina uranífera sin estar sometida a ningún control más la AEC, tiene el derecho de reservarse algunas partes del terreno, para ello se han previsto, en primer lugar concesiones especiales por la legislación minera, en lo que se refiere a la parte del terreno público que contenga determinados minerales para que los Estados ejerzan control sobre esta explotación; si el terreno contiene materias primas atómicas será la AEC, la encargada de decidir si se otorga o no, bajo las mismas normas de los terrenos que contengan materias primas atómicas.

También la AEC reserva el derecho de otorgar licencias de exploración en aquellos terrenos cuyo contenido de materias primas atómicas haya sido descubierto gracias a los trabajos de prospección y exploración llevados a cabo por poderes públicos.

La AEC tiene el poder de adquirir por compra o expropiación terrenos que contengan materias primas atómicas, esto está suscrito tanto en la Ley Atómica de 1946 como en la de 1954. Asimismo puede realizar operaciones de exploración donde lo juzgue adecuado, siempre y cuando indemnice al propietario.

"En su aplastante mayoría las materias primas son adquiridas por la AEC, quien con arreglos de las facultades que le concede la Ley, fijó precios garantizados a los cuales ha de adquirir los materiales" [117].

[116] Problemas Jurídicos... *Op. cit.*, p. 132.

[117] Problemas Jurídicos... *Op. cit.*, p. 154.

La propiedad industrial en la Energía Atómica

Tanto la Ley Atómica de 1946, como la de 1954 contemplan disposiciones especiales respecto a los inventos en el campo de la energía atómica.

En tecnología Nuclear el área de las reglamentaciones se divide en tres partes: 1) Una zona no patentable; 2) otra de patentes del gobierno; 3) y otra de derechos de patentes privadas. Esto se debe a que hay determinadas fases de la Energía Nuclear que debido a su capacidad destructiva y a la urgencia de su desarrollo, están bajo el monopolio exclusivo del Gobierno, y que otras necesitan una fuerte supervisión y protección estatal.

La zona no patentable, "se refiere a la utilización de materiales nucleares especiales, o sea la energía atómica en el armamento" [118].

La Comisión de Energía Atómica está encargada de la revisión de cualquier elemento que implique energía nuclear, ya sea bélico o no, lo que confiere al gobierno mayor seguridad sobre el desarrollo nuclear que se está gestando en el país.

"La Ley de Energía Atómica de 1954 contiene disposiciones que regular un sistema en el cual el inventor que sufriera perjuicio por las exigencias especiales de la legislación, tiene derecho a una compensación equitativa" [119].

La legislación actual sobre la limitación de la Energía Nuclear a la iniciativa privada se basa en cuatro aspectos: "1) El Estado actual de la tecnología nuclear, es en la mayoría de los casos resultados o producto de enormes subvenciones procedentes de los fondos públicos; 2) en el futuro habrán de gastarse sumas ingentes para asegurar el ritmo necesario

[118] Problemas Jurídicos... Op. cit., p. 111.

[119] Problemas Jurídicos... Op. cit., p. 113.

del desarrollo; 3) por exigencias de la seguridad nacional es indispensable el control de la información atómica; 4) una organización Central del Gobierno es necesaria para que actúe como Oficina de enlace a fin de evitar duplicidades inútiles al coordinar los esfuerzos de un total de empresas privadas.

El Gobierno Federal ha asumido la responsabilidad financiera, además de la mitad de los Programas Nacionales de Investigación, esto ocasionado por la realidad económica que atraviesa el país y por la creciente oposición que ha encontrado el desarrollo nuclear en muchos sectores.

4.3.3 Francia

El Programa de Energía Nuclear Industrial francés, es uno de los más extensos del mundo. La estrategia actual del Gobierno en materia nuclear es de un impulso considerable haciéndola la fuente energética primordial.

En 1979 Francia contaba con una generación de 12 mil megavatios de electricidad. Para 1985 se calculó en 39 mil megavatios.

Francia obtiene más de un 65% de su energía eléctrica por medio de la fisión nuclear; en parte como estrategia tomada ante sus escasos yacimientos petroleros y carboníferos.

"En apoyo de este ambicioso programa, Francia ha desarrollado la capacidad más completa del mundo para el ciclo de combustibles para reactores de agua común y reactores reproductores de neutrones rápidos, además de los recursos locales explotables comercialmente, el mineral de uranio natural se ha obtenido de fuentes confiables tales como Gabón Nigeria y Canadá" (120).

(120) Yager Joseph. Op. cit., p. 211.

El 90% de la producción de Uranio enriquecido se obtiene de la Planta Eurodif que está controlada por el Gobierno Francés y con la cual tiene el mayor compromiso de abastecimiento.

Debido a controversias suscritas por la planta de Windscale, del cierre de las instalaciones multilaterales de Eurochemic en 1974, Francia es el único país en la actualidad que puede ofrecer servicios comerciales de regeneración en un plazo corto.

En un momento dado Francia también estuvo dispuesta a exportar tecnología de regeneración. A mediados de los setentas se negociaron acuerdos para la venta de instalaciones de regeneración con Corea del Sur y Pakistán, aunque los acuerdos bilaterales de salvaguardias del OIEA, concluyeron en 1975 y 1976. Las ventas provocaron una viva crítica internacional especialmente por parte de los Estados Unidos, a raíz de esto se creó el Consejo Interministerial sobre política exportadora nuclear, el cual está encabezado por Francia, donde cada propuesta de exportación es evaluada con referencia a los principios del Consejo.

La situación que vivió Francia en 1976 es una de las principales razones por las cuales esta nación no es parte del TNP, aunque el Gobierno Francés es partidario de la No Proliferación.

"Como norma general, la aplicación de las salvaguardias del OIEA ha sido un complemento de las exigencias bilaterales, el acuerdo de exportación de un reactor a cualquier parte del mundo incluye salvaguardias del Organismo" (121).

La negativa francesa a ser parte del TNP obedece a su independencia en el desarrollo nuclear y a las represalias de que ha sido foco por parte del gobierno Estadounidense, y agrega que el "TNP también haya sido visto como manifestando un énfasis mal puesto en el Control armamentista

{121} Vager Joseph, Op. cit., p. 212.

y más clínicamente como un intento de las superpotencias para preservar el prestigio y poder que acompañan a sus posturas monopólicas" (122).

Organismos Públicos Competentes

Comisariado para la Energía Atómica

Este organismo fue creado por la orden del 18 de diciembre de 1945 y está bajo el control del primer ministro.

El Comisariado para la Energía Atómica CEA, es un establecimiento público que goza de un estatuto particular y de autonomía administrativa y financiera; cuenta con un Comité de diez miembros elegidos entre ellos, funcionarios y personalidades científicas.

El CEA tiene la facultad de adoptar todas las medidas necesarias para hacer que Francia logre el mayor beneficio en la rama nuclear, así mismo organiza y controla de acuerdo con los departamentos Ministeriales interesados, la prospección y explotación de los yacimientos de materias primas.

El Comisariado para la Energía Atómica, colabora en la legislación y reglamentación en el campo de la energía nuclear, además tiene el total control del abastecimiento de materias primas nucleares y funge como asesor especialmente de los programas eléctricos.

Régimen de Combustibles Nucleares

En Francia no existen disposiciones legales que regulen la fabricación o transporte de material nuclear, aunque está sujeto a acuerdos bilaterales, como el pactado con Estados Unidos sobre la transferencia de combustibles nucleares del Gobierno Francés a usuarios autorizados, más con-

(122) Vager Joseph, Op. cit., p. 214.

conservará su propiedad hasta que los usuarios de Estados Unidos puedan adquirirlos con título de propiedad.

En relación a los acuerdos militares, Francia es parte del EURATOM y está sujeta a las reglas que dicho Convenio manifiesta.

Régimen de Instalaciones Nucleares

"El Decreto del 15 de abril de 1958 ha sometido a un cierto número de establecimientos que utilizan sustancias radiactivas a los establecimientos insalubres e incómodos previstos por la Ley de diciembre de 1917, reformada y complementada por textos para su aplicación" (123).

Reglas para la utilización de Radioisótopos

"La Ley del 19 de julio de 1952 integrada por el Código de Farmacia de Decretos del 25 de agosto de 1952 y luego en el Código de Sanidad Pública por decreto el 5 de octubre de 1953, han fijado la reglamentación de los radioisótopos" (124) vinculada con el Código de Sanidad Pública, los que conjuntamente regulan la importación, exportación de los radioelementos, hecho que no puede efectuarse sin la autorización del Comisariado de Energía Atómica.

Control de la Seguridad

En Francia no existe una legislación particular que toque este punto, sin embargo acuerdos internacionales, como el franco-americano, relativo a los usos pacíficos de la energía nuclear. El Gobierno Francés ha sido invitado a asegurarse que todas sus instalaciones nucleares trabajen para dicho fin.

(123) Yager Joseph. *Op. cit.*, p. 211.

(124) Problemas Jurídicos... *Op. cit.*, p. 217.

"El control de Seguridad en virtud de los tratados y convenciones multilaterales, EURATOM, OCDE, OIEA, etc., se aplican igualmente en el territorio francés" (125).

Régimen de minerales

Los principios básicos para el desarrollo e investigación de las sustancias útiles de la energía nuclear son: 1) El Estado o las Instituciones Públicas que dependan de él no poseen ningún monopolio de investigación o explotación; 2) las sustancias útiles para la energía atómica es tan sometidas a un estrecho control por parte del gobierno; 3) el Comisariado de Energía Atómica debe practicar una política de ayuda y fomento para explotar los recursos de uranio nacionales.

El Comisariado conjuntamente con los Departamentos Ministeriales interesados, organiza la explotación de los yacimientos uranferos, y es este Organismo el encargado de asegurarse que las licencias de explotación concedidas por el Gobierno Francés sean utilizadas de manera racional y provechosa.

La Comunidad Europea de Energía Atómica juega un papel de primer orden en este renglón, ya que "Dispone de un derecho de opción sobre los materiales fisibles producidos en los territorios de los Estados miembros, así como el derecho a concertar contratos sobre el suministro de dichos minerales, materias brutas o materias fisibles especiales procedentes del interior o del exterior de la comunidad" (126).

[125] Problemas Jurídicos... Op. cit., p. 225.

[126] Problemas Jurídicos... Op. cit., p. 143.

4.4 O.I.E.A. Un instrumento de Reglamentación Nuclear

El Organismo Internacional de Energía Atómica, tuvo su origen como se mencionó anteriormente, con la propuesta del Presidente norteamericano D. Eisenhower, a las Naciones Unidas, como parte de un programa llamado "Átomos para la Paz", el cual presentaba una forma de cooperación entre las naciones para lograr el uso más adecuado de la energía atómica para fines pacíficos, dentro de esta propuesta se sugirió el establecimiento de una Organización dedicada exclusivamente a los usos pacíficos de la energía nuclear; dicha propuesta tuvo una aceptación unánime por parte de la Asamblea General de la ONU un año más tarde, el 4 de diciembre de 1954.

Posterior a este suceso se dieron una serie de contratos bilaterales entre los Estados Unidos y la Unión Soviética para la constitución del Organismo. "La Asamblea General llegó a la conclusión en 1954 y 1955 que no debería ser un órgano especializado de Naciones Unidas, sino una organización autónoma con lazos de cooperación con la ONU y los diversos órganos pertinentes" [127].

Por su parte en Washington, un grupo de naciones empezó a preparar lo que sería el estatuto del organismo, la redacción final se aprobó unánimemente el 25 de octubre de 1956, en una Conferencia que se celebró en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York, y entró en vigor en julio del año siguiente.

En esta Conferencia también se estableció una Comisión preparatoria que debía funcionar hasta la primera Conferencia General del Organismo, en Viena, la que se propuso para el 23 de octubre de 1957.

La OIEA fue resultado de la inquietud de varios países que buscaban un control internacional de lo que en aquel entonces y hasta hoy es la fuente más poderosa de energía, la contenida en el núcleo del átomo.

[127] OIEA. Las Salvaguardias y la No Proliferación de Armas Nucleares.
OIEA, julio de 1985, p. 5.

El objetivo primordial de esta Organización es vigilar que los Estados miembros cumplan con los requisitos contralados para el uso pacífico de sus instalaciones nucleares, y la aplicación de salvaguardias que actúan como un sistema de advertencias ante cualquier irregularidad; dicho sistema previene la desviación de material nuclear hacia usos bélicos.

"El Organismo procurará acelerar o aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, salud y prosperidad en el mundo entero. En la medida que le sea posible se asegurará que la asistencia que preste a petición suya o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares" (128).

Funciones

Para alcanzar lo anterior el Organismo tiene como base los puntos expuestos en su Artículo III, resumidos en el comentario del maestro Luis Miguel Díaz: "Para alcanzar estos fines el Organismo ayuda a la investigación sobre la energía atómica y a su aplicación práctica con fines pacíficos, incluida la producción de energía eléctrica, prestando consideración especial a las zonas menos desarrolladas, sirve de intermediario entre los miembros; ya sea para el suministro de servicios o para la aportación de materiales, equipo o instalaciones; estimula el canje de información técnica y científica; fomenta el intercambio y la formación profesional de hombres de ciencia y experimentos; establece y administra salvaguardias que garanticen que los materiales fisiónables y otros, así como servicios, equipos, instalaciones e información que ofrezca el Organismo o que se ofrezcan por medio de éste, no sean utilizadas para propósito militar alguno.

Los tres principales artículos del Estatuto que se ocupan de las funciones de éste en relación a las salvaguardias son los artículos III A5, el XI F4 y el artículo XII.

(128) De los Santos. Op. cit., p. 301.

El Artículo III como se mencionó, autoriza al Organismo a establecer y aplicar salvaguardias a los proyectos de éste, y a los acuerdos de cooperación o de suministros ante Estados, y a cualquiera de las actividades nucleares de un Estado.

El Artículo XI dispone que todo acuerdo sobre un proyecto debe incluir dos compromisos contralados por el Estado que reciba la asistencia del Organismo; dichos compromisos señalan que la asistencia no podrá ser para fines militares y que todo proyecto estará sometido a las salvaguardias del Artículo XII.

El Artículo XII por su parte expone las principales características del sistema de salvaguardias que en lo que a nuestro tema toca, son una advertencia contra fines bélicos, y una regulación para instalar plantas nucleares de forma tal que el peligro de algún accidente o de contaminación sea el menor posible.

Entre las funciones del Organismo para lograr sus objetivos se destacan las siguientes:

- Examinar el diseño de las instalaciones nucleares de que se trate.
- Exigir que las autoridades del correspondiente Estado, lleven los debidos registros y efectos de la contaminación del material.
- Exigir inspectores de salvaguardias del Organismo a aquellos Estados que han aceptado la aplicación de salvaguardias, a fin de llevar la contabilidad de los materiales nucleares y determinar se cumpla el acuerdo pertinente.
- Proceder de conformidad con lo dispuesto en el Artículo XII "Si el Director general recibiera de los inspectores del Organismo un informe en el que se comunique que un Estado no ha cumplido sus obligaciones en relación con las salvaguardias" (129).

(129) Ibidem.

Miembros

El Estatuto del Organismo distingue entre dos clases de miembros: los miembros iniciales que son los Estados Miembros de las Naciones Unidas o de algún Organismo especializado y que hayan ratificado el tratado dentro de los 90 días en que se abrió a su firma.

Los otros miembros en los Estados que deseen integrarse fuera del término de los miembros iniciales, aún sin ser parte de la ONU o de otro Organismo especializado, la Junta de Gobernadores y la Conferencia General, determinará su admisión para comprobar si es capaz de poder cumplir con las obligaciones que el Organismo impone.

La Conferencia General

Esta Conferencia se compone de representantes de todos los miembros y cuenta con dos tipos de acuerdos en relación con el tiempo en el que ésta se presente:

- a) Ordinarias, integradas por todos los miembros del Organismo con sesiones anuales; y
- b) Extraordinarias. Estas Conferencias se pedirán por medio de la Junta de Gobernadores y se convocarán posteriormente por el Director General fuera del período ordinario. Dentro de la misma y para el lapso que ésta dure, se elegirá a un Presidente y a los miembros de la mesa.

a) Las funciones de dicha Conferencia son:

Elegirá a los miembros de la Junta de Gobernadores de conformidad con el artículo VI, aprobará la admisión de nuevos miembros en conformidad con el artículo IV, suspenderá los privilegios y derechos de un miembro en conformidad con el artículo IX. Examinará el informe anual de la Junta, en conformidad con el artículo XIV; aprobará los informes que hayan

de presentarse a las Naciones Unidas en conformidad con el acuerdo que fijen las relaciones entre el Organismo y las Naciones Unidas, salvo los informes previstos en el párrafo C del artículo XII; o los devolverá a la Junta con sus recomendaciones; aprobará todos los acuerdos a que se refiere el artículo XVI entre el Organismo y las Naciones Unidas y otras organizaciones, a la Junta, con sus recomendaciones para que vuelvan a ser presentadas a la Conferencia General; aprobará reglas relativas a la aceptación de contribuciones voluntarias al Organismo; aprobará en conformidad con el párrafo F del artículo XIV la forma en que se podrá utilizar el Fondo General mencionado en dicho párrafo; aprobará toda reforma del presente Estatuto de conformidad con el párrafo C del artículo XVIII; aprobará el nombramiento del Director General de conformidad con las disposiciones del párrafo A del artículo VII" (130).

b) Tendrá facultades para:

"1) Tomar decisiones sobre cualquier asunto que expresamente remita la Junta para ese fin; 2) proponer a la Junta un examen de cualquier asunto y pedirle que informe sobre cualquier resolución relacionada con el Organismo" (131).

Junta de Gobernadores

La Junta de Gobernadores está compuesta por los cinco miembros más adelantados en la tecnología nuclear, inclusive en la producción de los materiales nucleares y el miembro más adelantado tecnológicamente en la misma rama en cada una de las regiones en las que se dividió el mundo: América del Norte, América Latina, Europa Occidental, África y el Oriente Medio, Asia Meridional, Sudeste de Asia, el Pacífico y el Lejano Oriente.

(130) Pérez Ochoa Angel. El uso pacífico de la Energía Nuclear y la Proliferación de las Armas Nucleares, p. 49.

(131) Ibidem.

Así mismo la Conferencia General elegirá por votación, miembros para que formen parte de la Junta de Gobernadores en una segunda etapa, distribuidos de la siguiente manera: cinco representantes de la región de América Latina, cuatro de Europa Occidental, cuatro de África, dos de Medio Oriente y un representante de la región del Sudeste de Asia y el Pacífico así como del Lejano Oriente, habiendo un miembro más entre África y Medio Oriente y dos entre Asia Meridional, Sudoeste de Asia y el Pacífico.

"La Junta de Gobernadores elegirá entre sus miembros al Presidente y demás miembros de la mesa y podrá crear los comités que juzgue convenientes. Les corresponden entre otras funciones preparar para la Conferencia General un informe anual sobre todos los asuntos del Organismo, así como de cualquier proyecto aprobado por éste" (132).

La distribución de los miembros que conforman la Junta de Gobernadores no está hecha de manera equilibrada, lo que puede resultar como una estrategia política de las grandes potencias nucleares para manipular las decisiones del Organismo, a manera que mejor convengan a sus intereses.

Aunque es lógico que sean estas potencias las que controlen en mayor porcentaje las decisiones tomadas debido a su alto desarrollo en materia nuclear, esto no permite que se formen grupos de oposición ante una élite tan cerrada y tan dominante.

Personal

Al frente del Organismo está un Director General, el cual es el funcionario administrativo de más alto rango, nombrado por la Conferencia General por un periodo de cuatro años. Tiene a su cargo el nombramiento y organización del personal, el cual comprenderá especialistas en cuestiones científicas y técnicas y demás funcionarios que sean necesarios para

(132) Pérez Ochoa Angel. *Op. cit.*, p. 50.

cumplir las metas del Organismo. Así mismo dirige las actividades del mismo, estando bajo la fiscalización de la Junta de Gobernadores.

Intercambio de información

Es una de las principales funciones del OIEA y por lo tanto está reglamentada; la información obtenida por los Estados miembros sea científica o no en cuestiones nucleares, deberá ser transmitida al Organismo y viceversa, en el caso de éste para con los países miembros.

Suministro de materiales

Es otra de las funciones básicas del OIEA. Este suministro de materiales fisionables o no fisionables tiene dos opciones para su disponibilidad:

1. Para el Organismo; o
2. Ser almacenado por el miembro interesado en éstos (previo acuerdo de la Junta de Gobernadores).

Los Estados deben contabilizar y determinar el tipo de materiales que piensen suministrar, para las funciones del Organismo y notificar que dicho miembro entró en vigor con el presente Estatuto o si lo aprueba la Junta de Gobernadores será hasta el año siguiente, y es precisamente esta Junta la que lleva el control de los materiales, de acuerdo con las bases del Estatuto.

Servicio, Equipo e Instalaciones

Abarca las aportaciones totales de los Estados para mejorar el funcionamiento del Organismo.

Proyectos del Organismo

Existen tres supuestos que estipula el Organismo para que sus miembros lleven a cabo proyectos atómicos; estos son:

- Investigación
- Desarrollo
- Aplicación práctica

Pudiendo pedir la cooperación del Organismo en cuanto a:

- materiales
- materiales fisionables especiales
- servicios
- equipo e instalaciones
- Gestionar para obtener de otras fuentes ayuda.
- Podrá hacer arreglos para que uno o más miembros suministren los materiales, servicios, equipo e instalaciones necesarias para la ejecución del proyecto.

De las actividades más útiles del Organismo, resalta la armonización de las normas existentes, para la buena formación de un código de utilidad internacional.

4.4.1 Salvaguardias

Las Salvaguardias representan una Doctrina nueva en el Derecho Internacional, su principal objetivo es vigilar que no haya desvío de materiales nucleares para usos bélicos. Su eficacia dependerá de su eficiencia jurídica, de la efectividad de las normas impuestas en los acuerdos, y en el desarrollo de todas las facultades del Organismo. Son fuente del Nuevo Derecho Nuclear y sus alcances no se limitan a un control de material nuclear, ya que indirectamente también regulan la seguridad de toda instalación nuclear evitando así, la posibilidad de un accidente nuclear o de un vertimiento de radiactividad en muchas ocasiones.

La función primordial del Código de Salvaguardias es:

"Examinar los planos de los equipos e instalaciones especializadas, inclusive los reactores nucleares y aprobarlos únicamente para asegurar que no se utilizarán de modo que contribuyan a fines militares, que se ajustan a las normas de protección de la salud y de seguridad que sean aplicables y que permitirán aplicar eficazmente las salvaguardias previstas en este artículo" (133).

Lo anterior está relacionado con el Artículo XI párrafo F42, al definir que los acuerdos concertados, también garantizan el cumplimiento de las normas de salud y seguridad. Este punto es precisamente lo que le da validez a las salvaguardias en lo que a nuestro tema toca, ya que al ser medidas confinadas a prevenir cualquier falla o error en el funcionamiento de una Planta Nuclear, el Índice de accidentes y de contaminación que pudiera darse decrece. Es decir que aunque el Código de Salvaguardias, tiene como principal objetivo, prevenir el desvío de material nuclear hacia fines bélicos, cumple otro de vital importancia al inspeccionar las Plantas, para que éstas trabajen bajo el mayor grado de seguridad posible.

4.4.2 La Organización Internacional y la regulación de la Energía Nuclear

Desde su fundación en 1957, el Organismo Internacional de Energía Atómica ha sido promotor del desarrollo mundial de la energía nuclear para fines pacíficos; y día con día ha ido expandiendo sus actividades y adecuándolas a las necesidades de las distintas etapas del desarrollo de este tipo de energía.

Si bien cuando este Organismo inició sus operaciones, sus objetivos primordiales eran: prevenir el desvío de material nuclear de los fines pacíficos y promover la utilización de la energía nuclear bajo un ambiente

(133) Pérez Ochoa Angel. *Op. cit.*, p. 51.

de cordialidad y cooperación en el mundo, lo cual se mencionó en páginas anteriores, creemos que hasta aquí el Organismo se ha desempeñado adecuadamente; más factores como la Seguridad en la operación de una Planta Nuclear o del mismo ciclo del átomo, así como de la seguridad frente a riesgos de contaminación; no ha sido sino hasta últimas fechas que se le ha brindado la importancia que estas cuestiones requieren.

El OIEA como sucede con otros Organismos Internacionales no tiene carácter coercitivo, sus actividades se limitan a la sugerencia, advertencia, muestreo, suspensión, recomendación, entre otras cosas, en las distintas fases del ciclo nuclear en Plantas Nucleares de las naciones miembros; la eficacia de su labor depende de una relación simbiótica entre sus miembros, de los cuales el OIEA se nutre, por medio de experiencias diarias, y a la ayuda que les brinda, ya sea con Códigos, Reglamentos y Esquemas que han surgido precisamente de esta relación de simbiosis y del interés por lograr una evolución del ciclo nuclear que beneficie a todos los países por igual.

El Organismo ha desempeñado un papel central en el proceso de armonización, al establecer reglamentos que van desde la ubicación misma de una Planta Nuclear hasta el transporte seguro de materiales radiactivos. Todas las actividades de éste, están reglamentadas, mas como se señaló anteriormente, sólo consisten en recomendaciones para todas las Organizaciones Internacionales y los Estados miembros.

Organizaciones como la de Aviación Civil Internacional (OACI), la Organización Marítima Internacional (OMI), la Comisión Económica para Europa (CEPE) y el Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM), juegan un papel igualmente importante ya que cooperan en la revisión del reglamento del Organismo y lo incorporan a sus propios documentos y reglamentaciones, lo que permite su aplicación directa por los Estados miembros. Otras Organizaciones Internacionales facilitan datos de entrada para la revisión del Reglamento, lo que facilita su actualización en cuanto a los progresos que se realizan en la esfera de la tecnología. Entre estas organiza-

ciones se encuentran: La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Comité de Expertos en Transporte de Mercaderías Peligrosas, del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas.

Debido a lo complejo que resulta el establecer estructuras de reglamentación en los diversos países a escala mundial, no es factible la existencia de un método general, por lo tanto resulta conveniente que las diversas Organizaciones Internacionales cooperen entre sí, para que los cambios puedan incorporarse adecuadamente en sus Códigos y Reglamentos.

Existen Organizaciones Internacionales que tienen a su cargo el regular el transporte de mercancías peligrosas por ejemplo, y que trabajan en estrecha relación con el OIEA. Otro es el Comité de Expertos del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, que elabora recomendaciones de la misma Organización, las que definen los materiales radiactivos o sustancias radiactivas.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la de Transporte Aéreo (IATA) elaboran los documentos de control para el transporte aéreo de mercancías peligrosas, incluso la OACI publica instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea, la IATA por su parte publica la reglamentación sobre el transporte de mercancías peligrosas que en general es compatible con el Reglamento del OIEA.

Estos tres Organismos, el OIEA, la IATA, y el OACI mantienen una estrecha coordinación, modificando reglamentos o normas de cualquiera de ellas en recomendación del otro, asegurando la efectividad y aplicación precisa de las normas, como podría ser la Colección de Seguridad # 6.

Por su parte la Organización Marítima Internacional (OMI) cuenta con su propio Código para el transporte de mercancías peligrosas (IMDG), documento que se enmienda periódicamente a solicitud del OIEA.

Los organismos regionales o nacionales, como podrían ser los que regulan el transporte por carretera, también recurren a la asesoría del OIEA, para estimular el transporte seguro de mercancías peligrosas.

Los Estados miembros del OIEA pueden aplicar de diversas maneras los reglamentos, normas, códigos y recomendaciones actuando en correspondencia con sus propios requisitos estatuarios. Existen datos que comprueban el importante papel que desempeñan las Organizaciones Internacionales para asegurar la aplicación de los reglamentos de seguridad del OIEA en países tanto desarrollados como subdesarrollados; cabe mencionar que más del 70% de las naciones del mundo regulan el transporte de material radiactivo utilizando las disposiciones del OIEA, la IATA y el OACT.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es otro de los organismos que examinan con regularidad los aspectos de energía eléctrica, en su caso relativos a la salud y al medio ambiente.

La OMS ha realizado estudios en donde "Se ha demostrado que las formas de energía más tradicionales pueden ser en realidad, más riesgosas que la tecnología nuclear, para los que participan en su producción y utilización, aún cuando las industrias energéticas más antiguas han contado con un período mucho mayor para establecer normas de seguridad y mejorarlas" (134).

Por lo tanto la OMS señala como indispensable que la producción y utilización de energía humana se realice sin poner en riesgo la salud, y manteniendo un eficiente sistema de información al público, el cual ha sido afectado psicológicamente debido a la confusión que reinó en materia nuclear tras los accidentes de Tates Millas en 1979, y Chernóbil en 1986.

Estos acontecimientos internacionales y varios más han tenido graves consecuencias en todos los ámbitos, más también han despertado un

(134) OIEA. Boletín: Vol. 28 # 2, año 1986, p. 12.

nuevo interés por el intercambio de información en materia nuclear y su desarrollo en el mundo, y el reconocimiento del OIEA como centro principal de estas actividades.

El Organismo ha demostrado una larga tradición de trabajo, lo que le ha permitido acumular importantes recursos de utilidad para todas las naciones miembros y Organismos modales; los que han utilizado estos recursos como instrumentos para programas específicos, como pueden ser: la gestión de desechos radiactivos, la protección radiológica, los sistemas de información, el transporte seguro de material radiactivo, la protección radiológica, los sistemas de información, el transporte seguro de material radiactivo, etc.

Día con día estos programas cumplen funciones diversas en el mundo entero y también día con día el Organismo se torna más eficiente, brindando una reglamentación que con la ayuda de varias Instituciones y Organismos Internacionales, Regionales y Nacionales va siendo más eficaz y efectiva. Queda únicamente en manos de los Estados miembros el cumplir las disposiciones con exactitud para evitar en la medida de lo posible, arriesgar a la humanidad en aras del progreso.

Aunque los esfuerzos han sido constantes y diversos por parte de varios Organismos a los que de alguna manera atañe el desarrollo nuclear, hay mucho más por hacer y si bien la energía nuclear representa menor riesgo que otras fuentes energéticas hasta hoy explotadas, la posibilidad de otro accidente de la magnitud del ocurrido en abril de 1986 en Ucrania, causa pánico a nivel mundial, el costo ecológico, humano, psicológico, etc. sería demasiado alto y si existen formas de evitar dichas calamidades por qué no tomar tantas medidas de seguridad como sea necesario; pues bien creemos que uno de los mayores problemas ha sido el desconocimiento, no siempre es fácil prepararse para prevenir situaciones de las que poca experiencia se tiene y desafortunadamente son las tragedias de las que más se aprende.

Desde sus inicios la Energía Nuclear ha contado con todo el apoyo tanto de las grandes potencias como de la Sociedad Internacional en general, para que ésta se desarrolle en un marco legislativo. También desde sus inicios la energía nuclear contó con el apoyo de un Organismo encargado de que dicho desarrollo se diera en una atmósfera de cooperación y armonía, sin embargo incidentes como los ya descritos nos demuestran que las fuerzas naturales están por encima de cualquier intención humana y que tomar todas las precauciones posibles, nunca estará por demás.

4.4.3 En busca de la Seguridad

El Organismo Internacional de Energía Atómica desempeña como hemos visto, una extensa gama de funciones que se emprenden como expresa su Estatuto para "Aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero" (135).

El Estatuto también asigna al OIEA el garantizar que las aplicaciones nucleares bajo su control tengan siempre fines pacíficos y los Estados al tener calidad de miembros esperan que el Organismo ejerza dichas funciones.

Bien parece que promover el desarrollo de la tecnología nuclear y controlarla fueran funciones incompatibles, que más bien resultan complementarias, ya que las aplicaciones nucleares para fines pacíficos exigen "Un régimen de fomento y control que está comprendido en las actividades de la transferencia de tecnología y la verificación de sus aplicaciones" (136).

Los mecanismos destinados a garantizar que las aplicaciones nucleares no tendrán carácter militar han evolucionado con los años, existiendo

(135) OIEA, Boletín Vol. 27 # 2, año 1985, p. 2.

(136) OIEA, Boletín Vol. 27 # 2, año 1985, p. 9.

disposiciones a las que los Estados miembros se comprometen a cambio de la asistencia técnica de material nuclear.

Para alcanzar el control del material nuclear, el Organismo Internacional de Energía Atómica se ha apoyado en el TNP, Tratado de No Proliferación de Armas Atómicas, como reflejo de la preocupación mundial del uso inadecuado que podría dársele a la energía nuclear.

El examen de la cooperación técnica del Organismo y de la relación que guarda con el TNP, demuestran en primer lugar que el propio Estatuto fue el primer instrumento que definió el alcance apropiado de la cooperación técnica internacional, en segundo lugar que el TNP refleja muchas preocupaciones sobre las aplicaciones pacíficas y que éste bien pudo haber dado lugar a los principios rectores del OIEA, modificados posteriormente, entre otras cosas. A pesar de que esta relación entre Tratado y Organismo es compleja y dinámica, los resultados no son muy concretos, sin embargo el deseo de los países de fomentar un clima internacional en el que sea inaceptable que un Estado no poseedor de armas nucleares desarrolle tecnología nuclear bélica es un claro reflejo, así como el reprobar que los Estados que poseen esta tecnología la ofrezcan a otros.

Se reconoce así mismo, que el aprovechamiento de la experiencia de explotación ofrece una oportunidad única para mejorar la Seguridad Nuclear, aunque bien hay un proverbio belga que dice: "La experiencia es un peine que nos da la vida cuando ya hemos perdido el cabello" [137]. Sin embargo, la experiencia no dejará de ser una gula; por lo que se deben estudiar todos los accidentes o sucesos o situaciones anormales, y cuando proceda, deben investigarse rigurosamente para valorar repercusiones en el actual sistema de diseño de una Planta Nuclear, en el diseño de equipos o la capacitación de operarios. Los modelos computarizados, los sistemas de seguridad, las medidas de emergencia; la gestión y requisitos de reglamentación, la aplicación de los conocimientos adquiridos a través

[137] OIEA, Boletín Vol. 28 # 4 año 1986, p. 31.

de la experiencia mejoran no sólo la seguridad de la Central, sino también los equipos y disponibilidad de la misma.

Buscando agilizar las ventajas de la experiencia, el OIEA ha establecido un sistema conocido como Sistema de Notificación de Accidentes (IRS), para complementar los esfuerzos que se den a nivel nacional en los distintos países miembros. Este mecanismo figura como una de las medidas más importantes encaminadas a crear un Régimen Internacional de Seguridad Nuclear por medio de: 1) la investigación y evaluación de la seguridad; 2) elaboración de un compendio de descripciones de incidentes; 3) el mejoramiento del proceso de computadoras de información sobre incidentes; 4) el acopio de datos sobre las experiencias en materia de seguridad operacional" (138).

Otra gran contribución en materia de seguridad propuesta por el Organismo fue el Simposio sobre Códigos y Guías de Seguridad (NUSS), el objetivo de dicho Simposio celebrado en Viena en 1984 fue examinar el contenido técnico y la evolución del Programa de Normas de Seguridad Nuclear, ante los cambios obtenidos en la esfera de las Investigaciones nucleares.

Los documentos [NUSS] constan de Códigos de práctica y guías de seguridad elaborados para las esferas de la Organización estatal, la selección del emplazamiento, el diseño de explotación y las garantías de seguridad y calidad.

El NUSS debe ser modificado periódicamente para que los cambios tecnológicos no los tornen obsoletos, aunque existe el inconveniente del costo que implica reacondicionar plantas a las nuevas medidas de seguridad, por lo mismo las normas son bastante generales sin demasiados detalles para que los criterios que expresen conserven su valor.

"El NUSS representa una solución de compromiso lógica porque si

(138) OIEA, Boletín Vol. 28 # 8.

bien ofrece suficientes detalles para determinar las medidas de seguridad que deben tomarse frente a los diversos problemas que surgen en las Centrales Nucleares, no precisa una actualización frecuente ya que las revisiones sistemáticas deben realizarse cada 6 ó 10 años" [139].

El (EPS) Evaluación Probabilística de Seguridad, es otro logro de la cooperación internacional en esta esfera, en más de 30 naciones miembros del OIEA se aplica este sistema ya que ofrece conocimientos esenciales para el proceso de adopción de decisiones que es difícil obtener mediante cualquier otro método, permite a las Centrales Nucleares, diseñado res, explotadores, etc., discernir entre los aspectos que son importantes para la seguridad de los que no.

La toma de decisiones en una Central en relación a la optimización de su nivel de seguridad ocasiona incertidumbre originada debido a:

- a) La variación de parámetros, elaboración de modelos e insuficiencias.
- b) La variación de parámetros, que incluye las tasas de fallo de piezas de equipo convencionales (bombas de flujo, válvulas) y
- c) Las tasas de fallo humano y los cambios especiales y temporales de las propiedades básicas, salvo el error humano. Las incertidumbres por variaciones de parámetros que son pocas con respecto a las ocasionadas por la variabilidad de datos. Es precisamente el error humano sobre el cual poco se ha podido ganar a lo largo de la evolución tecnológica, sin embargo el contar con sistemas como el NUSS o el EPS, dan al desarrollo nuclear un marco de seguridad casi perfecto.

Es indudable que los programas y avances del Organismo son resultado de un gran esfuerzo internacional que está contribuyendo significativamente a la seguridad nuclear, más aún queda mucho por hacer sobre todo en la prestación de asistencia directa a los Estados miembros, para que pongan

en práctica los avances alcanzados y elaboren manuales e informes sobre la situación y las tendencias que siguen, las cuales deben ser complemento de la total aplicación del NUSS y de todo el sistema de Seguridad del Organismo.

4.4.4 Programas de apoyo del OIEA a los países en desarrollo

La viabilidad y desarrollo de la energía nucleoelectrónica se ha generado básicamente en los países industrializados, sin olvidar que hay naciones subdesarrolladas que cuentan con importantes centrales nucleares; sin embargo, éstos son casos aislados, ya que los países en desarrollo no poseen la capacidad económica para instalar una Planta Nuclear que contenga los elementos estructurales adecuados:

- El tamaño y estabilidad de la red.
- Disponibilidad del personal calificado en todos los niveles.
- La estructura orgánica encargada de la planificación.
- El apoyo industrial no sólo para la construcción sino también para la explotación.
- "La asistencia para el fortalecimiento y desarrollo de estos elementos infraestructurales, es una cuestión en la que el OIEA, especialmente durante los últimos diez años ha centrado su atención en beneficio de los Estados miembros en desarrollo, que estudian la posibilidad de implantar la energía nucleoelectrónica en sus países" (140).

Una Central Nuclear requiere de inversiones cuantiosas, lo que plantea problemas de financiamiento; limitante primordial de los países subdesarrollados. "Los costos de inversión necesarios para una Central Nuclear eléctrica, de una potencia que oscile entre los 600 y 900 megavatios eléctricos, son de aproximadamente 1,500 a 2,000 millones de dólares, inclu-

(139) OIEA, Boletín interno de 1985, p. 52.

yendo los intereses que se originen en la etapa de construcción" (141).

Si tan solo pensamos que el Banco Mundial financia 2,500 millones de dólares para el sector energético, en el mundo entero, es por demás difícil que una nación en desarrollo logre créditos atractivos para desarrollar un programa nuclear, si a esto aunamos que la situación de la deuda externa de varios países, continúa siendo grave pese a los múltiples acuerdos que se han celebrado entre Organismos Financieros y Naciones desarrolladas de manera bilateral, más, mientras esta situación prevalezca, los prestamistas, los exportadores y las administraciones públicas de los países industrializados, seguirán dudando de la conveniencia de financiar centrales nucleares en el Tercer Mundo.

Por otra parte, en todo proyecto de financiamiento se exige la participación del Estado, con una cifra inicial que asegure su gran interés, el porcentaje que se pide es de un 20% a un 80% y la mayor parte de estas naciones en desarrollo no pueden disponer de 400 a 600 millones de dólares en un sólo sector como sería el nucleoelectrónico.

Ante esta situación el Organismo Internacional de Energía Atómica, conjuntamente con miembros del Organismo de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y otras Instituciones, han pensado en la introducción de mecanismos para mejorar el cuadro existente, sugiriendo:

- a) La creación de una Empresa Mixta entre el país exportador y el importador, como Compañías creadas por un período de 15 a 30 años e integradas por personal de ambas partes.
- b) El establecimiento de un Fondo Internacional para Inversiones, cuya finalidad sea compartir riesgos a un nivel multinacional.

El enfoque de la financiación multinacional podría ser una vía eficaz de compartir responsabilidades, y ejecutarse como un contrato "llave

(141) OIEA, Boletín invierno de 1985, p. 53.

en mano" o sin él, mas cualquier mecanismo que se pretenda implementar, requiere de estudios minuciosos por parte de los prestamistas, proveedores y de los posibles compradores.

El OIEA en un Seminario realizado en 1985 y otro en 1987, trató el tema de la financiación nucleoelectrica al Tercer Mundo, concluyendo que es imprescindible fomentar el diálogo entre las diversas partes de la esfera que intervienen en la financiación de nucleoelectricas, se sugirió asimismo, que el Organismo debe emplear la asistencia técnica que brinda a los países en desarrollo, en forma tal que agilice la posibilidad de un financiamiento, conociendo que Este requiere de minuciosos estudios e investigaciones de carácter económico.

Recientemente la Junta de Gobernadores del OIEA, presentó en su informe del 28 de enero del año en curso (142) un documento que contiene 16 recomendaciones dirigidas al mismo Organismo, pero que afectarían también al Banco Mundial, así como a otros Organismos Internacionales, buscando un mecanismo para ayudar a los países en desarrollo en la promoción y financiamiento de sus Programas Nucleoelectricos; a continuación se transcriben los puntos antes mencionados:

- 1) Ofrecer un lote integrado de asistencia para la planificación nucleoelectrica y energética.
- 2) Promover y facilitar la cooperación regional y el intercambio de información y de los resultados de los estudios de planificación nucleoelectrica y energética.
- 3) Promover una cooperación más estrecha con el Banco Mundial en la planificación del sector energético y eléctrico y en los estudios de preparación de proyectos.
- 4) Organizar breves seminarios de información para personal directivo.

[142] OIEA, GOV/INF/544, 28 de enero de 1988, Viena, p. 1.

- 5) Acopiar y facilitar sistemáticamente información relativa a las cuestiones que se suscitan en relación con la aceptación por el público.
- 6) Reforzar la asistencia y la intervención en los estudios de viabilidad de proyectos nucleoelectricos.
- 7) Desempeñar un papel más activo en la prestación de ayuda a los Estados miembros en desarrollo para evaluar las infraestructuras.
- 8) Estimular el acopio y el intercambio de información sobre métodos para reducir los costos y los plazos de construcción de centrales nucleoelectricas.
- 9) Continuar e intensificar el apoyo en relación con la explotación de centrales nucleares a fin de elaborar un "atestado de méritos".
- 10) Seguir esforzándose por hallar por asociados para la ejecución y el financiamiento de un estudio de viabilidad para un reactor de pequeña y mediana potencia.
- 11) Prestar asistencia a los Estados Miembros en desarrollo en la promoción de legislación nacional como base de las normas de seguridad y protección radiológica.
- 12) Fomentar el intercambio de información entre los compradores, los proveedores, las organizaciones de financiamiento y los aseguradores de créditos a la exportación.
- 13) Ayudar, junto con el Banco Mundial, a reforzar y apoyar la capacidad de los organismos públicos y de las compañías locales en la esfera de la planificación.
- 14) Estimular a los Estados Miembros interesados a revisar el "Consenso" de la OCDE sobre las condiciones de financiamiento.
- 15) Estudiar información relativa a planes de financiamiento de la energía nucleoelectrica y fomentar su intercambio.
- 16) Estimular a otras organizaciones, en particular al Banco Mundial, a incluir la energía nucleoelectrica entre las posibles opciones. (143).

4.5 El Organismo Internacional de Energía Atómica. Los Países en Desarrollo y el factor seguridad

La Sociedad Internacional y sus Organismos en Cooperación, vigilancia y seguridad están basados en el principio de la buena fe, no podemos hablar de un Organismo o Institución que tenga carácter coercitivo, para que sus reglas y recomendaciones trasciendan a obligaciones; de esto parte que no todos los Organismos Internacionales que nacieron tras la postguerra con el fin de postergar la paz mundial en un ámbito de cooperación internacional, hayan alcanzado sus objetivos. [144].

El Organismo Internacional de Energía Atómica, no está exento de este contexto, y, si a esto aunamos una debilidad originada por los tres años que transcurrieron entre la fecha del discurso histórico que definió su misión ideal y su fundación, encontramos una Institución que enfrentó muchos problemas para lograr el papel que juega hoy en día.

Por otra parte es difícil imaginar lo que sería el Organismo si se hubiera hecho hincapié en fortalecer las metas propuestas en su creación, fundamentadas en el discurso del presidente norteamericano, que, si en un primer momento se consideró como un proyecto que no cubra las necesidades crecientes del desarrollo nuclear internacional, podemos decir, que en los primeros años de vida de este Organismo, mucho menos se logró; esto obedece, a que el Estatuto constitutivo del OIEA, tiene como objetivo principal el vigilar el uso del material nuclear, para que éste no sea empleado para la fabricación de armas nucleares, y en segundo término el fomentar los usos pacíficos de la energía nuclear. Basta con revisar el presupuesto asignado al Organismo y la forma que este es utilizado; a continuación se transcribe el Presupuesto para 1988, aceptado en la 302a. sesión plenaria celebrada el 25 de septiembre de 1987 [145]

[144] OIEA, GC [XXXI]/RES/476, octubre 8 de 1987, p. 1.

1.	Asistencia y Cooperación Técnica	7'155,000 (dólares)
2.	Energía y Seguridad Nuclear	25'160,000
3.	Investigación e Isótopos	18'488,000
4.	Instalaciones Operacionales	2'793,000
5.	Salvaguardias	45'128,000
6.	Organos Rectores	5'170,000
7.	Dirección Ejecutiva y Administración	14'332,000
8.	Servicios Generales	<u>14'411,000</u>
	Total Parcial, Programa del Organismo	132'637,000
9.	Servicios de apoyo compartidos	<u>4'700,000</u>
	T o t a l	137'337,000 *****

Este presupuesto refleja en primer lugar la prioridad que tiene el sistema de salvaguardias en orden de importancia, de las actividades del OIEA, y, en segundo lugar, la diversidad de actividades de éste, hecho que llevó hace varias décadas, a altos funcionarios de Naciones Unidas, a expresar que "El Organismo Internacional de Energía Atómica, estaba tan sobre-cargado de trabajo y de serias dificultades externas e internas que éste nunca debió haberse creado" (145).

Nuestro pensar difiere radicalmente, a lo anteriormente citado, ya que si en sus comienzos el OIEA enfrentó un sin número de obstáculos, creemos que hoy en día los ha superado en su gran mayoría.

Si bien es cierto, que el desarrollo del átomo pacífico requiere mucho más que Conferencias y Comités, que generalmente conllevan a resoluciones que no trascienden de brindar asesoría y cooperación técnica, también lo es, que sería casi imposible pretender que el Organismo se ocupa

(145) Kramish Arnold. Op. cit., p. 338.

se de aspectos como el financiamiento de nucleoceléctricas en países en desarrollo, o la compra de equipo e instalaciones para estas centrales, ya que en primer lugar estas actividades están completamente fuera de su competencia y del presupuesto con que el Organismo cuenta. A través de los años este ente internacional, ha tratado de concertar arreglos entre las partes involucradas en una relación de financiamiento, logrando que por lo menos éste sea un factor de relevancia que se trata en la mayor parte de las Conferencias del OTEA, buscando soluciones viables, tanto para las Instituciones financieras, como para el país interesado en la instalación de nucleoceléctricas.

Sin embargo, sí es preciso señalar la debilidad que caracterizó al Organismo en materia de seguridad y prevención de accidentes, en sus primeras dos décadas, ya que no fue, sino hasta el accidente de Tres Millas, en marzo de 1979, que se le dio a este punto la importancia que amerita. Tres Millas representa el parte-aguas entre las funciones del Organismo de los 60's y 70's; de las funciones de la década de los 80's.

La década de los sesentas, como se mencionó en el primer capítulo de este trabajo, fue de logros, pero hubo también grandes obstáculos, debido a la promulgación de la Ley Nuclear Norteamericana de 1956, que limitaba la libertad en la que se había desarrollado la industria nuclear, hasta entonces.

La década de los setentas fue el punto álgido de la energía nuclear, factores como la crisis petrolera y económica (146), principalmente en los Estados Unidos, fortalecieron el programa nuclear en este país, y en el mundo entero, principalmente por la participación de la iniciativa privada en esta área. Sin embargo, al finalizar la década las perspectivas nucleares cambiaron radicalmente, esto motivado por varios acontecimientos de los cuales cabe resaltar tres: en primer lugar el accidente de Tres Mi

(146) Esta crisis económica, podría ser superada si la Industria Nuclear alcanzaba un gran desarrollo, esto ayudaría a la suveración de los problemas económicos.

llas en Pensilvania, que, si bien no ocasionó un gran impacto ambiental, se redujo el desarrollo de proyectos nucleares hasta entonces bastante ambiciosos, por otro lado a partir de Hiroshima y Nagasaki, la energía nuclear se ha presentado como un ente de paz, seguro y fiable. Tres Millas no repercutió tanto en ninguna esfera, como lo fue en la psicológica, y en la opinión pública. Las consecuencias en el mundo entero fueron bastas, en los Estados Unidos no se concedieron licencias para la apertura de nucleoelectricas por más de dos años, y se cuestionó la viabilidad de la energía nuclear como fuente energética alternativa.

Otro factor de carácter regional, fue el descubrimiento de yacimientos petrolíferos en el mar del Norte, por parte de Gran Bretaña, y en el Golfo de México, por este país, situación que en el primero redujo considerablemente el avance de su proyecto nuclear, y en el segundo aplazó la construcción de su primera nucleoelectrica.

Una tercera causa fue la modificación a la Ley de No Proliferación de los Estados Unidos, realizada por la Administración Carter, hecho que frenó la Industria Nuclear Norteamericana e imposibilitó la adquisición de instalaciones, material de equipo nuclear a países que ya tenían acuerdos de cooperación y venta con Estados Unidos.

Hoy en día, tras el accidente de Chernóbil, el cual tuvo y aún tiene un fortísimo impacto de carácter mundial en todas las esferas que van de lo ecológico, económico, político, sociológico, fisiológico; a lo científico y tecnológico. La energía Nuclear sigue presentándose como la alternativa más viable ante una no lejana crisis de hidrocarburos, sin embargo lo impensable sucedió; la posibilidad de que ocurriese un accidente de las magnitudes del accidente soviético, era prácticamente nula, más esa mínima fracción de probabilidad existe y en el caso de la seguridad nuclear se dio. La situación que hoy enfrentan tanto científicos como técnicos y políticos no es hacer a un lado la energía nuclear, sino resolver los problemas que en materia de seguridad aún existen, lo cual es una utopía.

El Organismo Internacional de Energía Atómica ha incrementado sus actividades en este sector de manera significativa, se han llevado a cabo innumerables reuniones de cooperación tecnológica en busca de optimizar los sistemas de seguridad, y a escasos dos años de Chernóbil, éstos se han revolucionado de tal forma, que de no haber ocurrido tal desgracia, no se habría alcanzado.

Es una realidad que la experiencia es el mejor maestro y no podemos decir que la lección se haya aprendido tarde, ya que si pensamos en los años que tiene la energía nuclear como parte de nuestro desarrollo tecnológico, ésta aún es muy joven y falta aún mucho por incursionar en este ámbito.

La generalidad de las Centrales Nucleares están sujetas a una minuciosa revisión por parte de las autoridades nacionales competentes y/o de los técnicos altamente capacitados del organismo; los requisitos que tienen que cubrir una Central para obtener las licencias de operación, son tan rigurosas que en muchas ocasiones duplican o triplican los costos de una Planta Nuclear, hecho por el cual también el ritmo de nucleoelectrificación de las naciones en desarrollo se ha visto fuertemente reducido; sin embargo, es una realidad que estas Plantas operan bajo los más rígidos y novedosos sistemas de seguridad, pero también es una realidad tangible que la mayor parte de las naciones, especialmente las subdesarrolladas carecen de todo tipo de instalaciones, mecanismos, instrumentos y sobre todo del capital para enfrentar un accidente nuclear, en el supuesto caso de que esto ocurriera.

El accidente de Chernóbil no fue controlado, en sus características más apremiantes, sino hasta después de varios días, para lo cual hubo una perfecta maniobra de control, que abarcó desde apagar los incendios de las unidades cuatro y tres, hasta el enterrar totalmente la Unidad cuatro, situación que originó una gran movilidad de material humano, técnico y de capital. Aún hoy en día no podemos pensar que Chernóbil es sólo parte de la historia, sus consecuencias siguen afectando a ciudadanos soviéticos y

Europeos principalmente; remarcando que la operación del control del accidente fue bastante eficaz y rápida, y que la Unión Soviética contaba prácticamente con todos los instrumentos altamente tecnificados para hacer frente a una situación así. Cabe preguntarse, ¿Qué pasaría si esta tragedia se repitiese en Irak, o en Argentina, o sin ir muy lejos, en la aún no puesta en operaciones, nucleoelectrónica mexicana? ¿Podrían estos países de economía fuertemente debilitadas, hacer frente a algo así (147) y si es la cooperación internacional la que respondería dado el caso, ¿Cuánto tiempo estaría vertiéndose material radiactivo a la atmósfera? ¿Puede el Organismo hacer frente o respaldar económicamente a una nación que lo requiera? La respuesta a esta última pregunta es no, más es preciso hacer hincapié en este punto que tanta ayuda puede ofrecer el Organismo a una nación subdesarrollada en caso de accidente, y si son otras naciones las que cooperan vía el OIEA, ¿Cuánto tiempo llevaría controlar un siniestro?

A partir del accidente de Chernóbil del que tanto hemos hecho mención, debido a las repercusiones que legó en el área de seguridad, se han celebrado varios convenios internacionales como: "El Convenio de pronta notificación en caso de accidente nuclear, y el Convenio de cooperación entre naciones para hacer frente a un accidente nuclear" (148) de los cuales forma parte México; asimismo se han preparado cursos de asesoría y capacitación a los operadores de las Centrales para hacer frente a situaciones anormales o de accidente, en fin se han hecho importantes avances en esta área; sin embargo queda aún un gran vacío que podría convertirse en un grave problema para las naciones subdesarrolladas, la incapacidad fi-

(147) Debemos aclarar que el caso de Chernóbil fue bastante especial, ya que el sector soviético le dio muy poca importancia a la investigación y aplicación de sistemas de seguridad por un lado, y por el otro el Reactor de esta Planta era un (PWR) Reactor de agua a presión, los cuales presentan mayor índice de riesgos, en relación a los Reactores de agua ligera o pesada, instalados en la mayor parte de las Centrales del Mundo.

(148) Ambos Convenios de los que México es parte están brevemente descritos en el siguiente capítulo.

nanciera, tanto para controlar el accidente como para adquirir materiales especializados e instrumentos indispensables (como podrían ser trajes especiales para los hombres que combatirán el fuego, gastos hidráulicos toneladas de concreto, arena, etc., equipo para movilizar dicho material, etc.) para manipular adecuadamente la situación de catástrofe. Por lo que están supeditadas a la cooperación internacional, tanto del Organismo, como de las naciones altamente industrializadas.

Un ejemplo claro, fue el reciente accidente de Brasil, ocurrido en la población de Goiânia en octubre de 1987, donde al declararse en quiebra un hospital, el juez que dictaminó la quiebra liquidó todo excepto la fuente radiactiva, de cesio 138; la entidad reguladora sólo actuó poniendo un vigilante, al momento de esto no ser constante; dicha fuente fue robada para ser utilizada como material de fundición, trasladándose al pueblo de Goiânia. Al abrir dicha fuente y encontrarse con cesio fluorescente, gente que no tenía ningún conocimiento de lo que estaba manejando [149] se le atribuyeron poderes curativos, contaminando a una mujer a la que se le frotó dicho material radiactivo directamente, y a una niña que ingirió cesio con sus alimentos, más un gran número de personas, que después de varias semanas presentaban vómitos y llagas en todo el cuerpo, consecuencias sintomáticas de la radioexposición, cuando se informó finalmente a la Entidad de Salud de la región, ya se habían contaminado toneladas de objetos, muebles e inmuebles; existen cifras de 2,000 barriles de desechos de medio y alto nivel, que hoy en día confrontan la problemática de dónde deben ser enterrados.

El gobierno del Presidente Sarney, que no difiere en mucho de los problemas económicos que caracterizan a nuestro país, hizo un llamado a

[149] Es importante señalar que a pesar del adelanto en materia nuclear de Brasil, la población carece de información adecuada; además de que no hubo una facultad legal ni crítica para darle mejor trato a esta fuente radiactiva, que estaba siendo prácticamente abandonada.

la cooperación internacional, para hacer frente a la gravedad de la situación; países como Francia, Gran Bretaña y Estados Unidos ofrecieron varios instrumentos a través del Organismo; sin embargo, la mayor parte de la ayuda que recibió Brasil fue de manera bilateral, situación que podría hacer cuestionar la capacidad real del Organismo como ente mediador.

Cabe aclarar que la mayor parte de la cooperación en general, y en cualquier ámbito se da de manera bilateral, por lo que no resulta imprescindible que el Organismo funcione como ente mediador; sin embargo, nos parece importante señalar la necesidad que existe de que el OIEA cuente con un mecanismo de carácter meramente económico, el cual presentase un Fondo permanente, para ayudar a los países subdesarrollados a confrontar accidentes nucleares.

El Fondo de Cooperación en caso de accidente nuclear, aunque novedoso no tropezarla con los obstáculos propios de una nueva iniciativa, ya que el OIEA cuenta con otro Fondo como es el de operaciones que funciona con la donación voluntaria de sus miembros. Este tendría como principal objetivo brindar ayuda financiera líquida e inmediata al país que se encuentre en situación de catástrofe nuclear; así mismo concederla las máximas facilidades para el pago del adeudo.

Siendo este mecanismo tan solo una propuesta que aún dista de ser una realidad, quedan muchos aspectos que deben ser estudiados con mayor profundidad referentes a su organización y operación, para lo cual se podría aprovechar la experiencia de otros Fondos Económicos Internacionales que han funcionado con gran éxito.

La Energía Nucleoeléctrica es hoy en día la propuesta más viable ante la crisis de hidrocarburos para los países en desarrollo, cuya tendencia a centralizar sus poblaciones se acentúa día con día. Recordemos que algunas de las ciudades más grandes del mundo, se encuentran en el llamado "Tercer Mundo" y que las energías alternativas como la solar o la eólica no son la solución a una estructura poblacional de grandes aglomeraciones, por lo que la idea del Fondo Económico en caso de accidente nuclear

para los países subdesarrollados resulta importante, siendo éstos los que deberán incursionar más a fondo en la tecnología nuclear pacífica de las próximas décadas.

"La opinión pública acerca de los grandes problemas nucleares está mal formada y mal informada. El científico tiene tanto el privilegio como la obligación de presentar al público la materia prima a partir de la cual puede formarse esta opinión. El científico tiene en primer lugar, el deber tradicional de buscar la verdad, y, segundo, el deber de comunicar el conocimiento adquirido durante su búsqueda a todos aquellos que lo necesiten.

John H. Fowler

V. MEXICO Y LA ENERGIA NUCLEAR PARA LA PAZ

5.1 Antecedentes de la Energía Nuclear en México

Debido al descubrimiento y usos de los materiales radiactivos con fines pacíficos, México promulgó leyes que reglamentaran el uso de los materiales radiactivos limitando estas actividades a la potestad del Estado.

En 1955, se creó la Comisión Nacional de Energía Nuclear como órgano dependiente de la Secretaría de Patrimonio Nacional, la que en 1972 se transformó en el Instituto Nacional de Energía Nuclear, el cual tenía a su cargo las funciones de investigación, exploración, explotación minera y salvaguardias.

La amplitud de funciones que se atribuyeron al nuevo Instituto se tornaron complejas, a medida que se desarrollaba la energía nuclear en el país, por lo que, el 26 de enero de 1979, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia nuclear, creándose cuatro organismos: La Comisión Nacional de Energía Atómica, Uranio Mexicano, el Instituto Nacional de Investigaciones

Nucleares y la Comisión Nacional de Investigaciones Nucleares y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas, cada uno con objetivos y atribuciones limitadas.

El objeto de dicha ley fue la reglamentación de los minerales radiactivos, el aprovechamiento de los combustibles nucleares y los usos en general de la energía nuclear, todo esto limitado a los usos pacíficos. Para el logro de esto dividió su ámbito de aplicación sobre el principal lineamiento que siguen la mayor parte de las legislaciones en la materia, al dividir las actividades en: prospección, exploración, beneficio y comercialización de minerales radiactivos conferidos a Uranios Mexicanos; investigación y desarrollo en el campo de la ciencia y tecnología nucleares, así como la promoción de los usos pacíficos de la energía nuclear, además de haber sido nombrado agente exclusivo del Gobierno Federal para programar, coordinar, promover, producir, vender e importar materiales no energéticos, se otorgaron al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, la facultad de establecer normas en garantía de la seguridad de los habitantes del país, previniendo los riesgos inherentes al uso y aprovechamiento de la energía nuclear, tanto en el área de seguridad nuclear como física y radiológica, además de las salvaguardas a las que se comprometió con el C.I.E.A., se creó la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas.

Los dos primeros se crearon como Organismos Públicos descentralizados del Gobierno Federal, y como dependiente de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial constituida en órgano descentralizado la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas.

Otro organismo fue la Comisión Nacional de Energía Atómica, creado para coordinar los planes de trabajo y las actividades de los dos organismos públicos descentralizados.

En febrero de 1985 se abrogó la ley antes mencionada para dar vigencia a una nueva ley, la cual sería más específica, por lo que el campo de

la industria nuclear se refiere; además esta ley establece un sistema legislativo que norma las autorizaciones necesarias para llevar a cabo las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear; igualmente atribuye facultades concretas a organismos y órganos de la Administración Pública Federal y señala facultades y competencias entre las mismas.

Dispone, así mismo que las normas de la ley son de orden público y de observancia en toda la república. Todas estas actividades se llevarán a cabo dentro de los fines pacíficos de la energía nuclear, según las disposiciones contenidas en el Artículo 27 Constitucional y Tratados Internacionales ratificados por nuestro país (149a).

(149a) María de Lourdes Vez Carmona, Consideraciones Jurídicas a la Legislación Nuclear Mexicana, Escuela Libre de Derecho, 1986, p. 116.

5.2 Organismos Competentes

Con la finalidad de lograr sus objetivos, la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, otorga competencia y facultades a las siguientes dependencias de la Administración Pública Federal:

- a) Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP).
- b) Consejo de Recursos Minerales (CRM).
- c) Comisión de Fomento Minero (CFM).
- d) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).
- e) Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- f) Comisión Nacional de Industria Nuclear (CNIN) creada por el Reglamento Interior de la SEMIP.

a) Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.- Esta Secretaría es la encargada de aplicar la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, en el ámbito de su competencia [150] y el Ejecutivo Federal por su conducto, según el propio ordenamiento legal, tiene las facultades de: fijar los lineamientos relativos al aprovechamiento y desarrollo de la energía y tecnología nucleares, de acuerdo con la política nacional, de impulsar, vigilar y aprobar los programas y proyectos de investigación, aplicación de la generación de energía, y desarrollo de la Industria Nuclear, así como regular la seguridad nuclear, radiológica y física y el cumplimiento de las salvaguardias, llevar a cabo la importación y explotación de materiales y combustibles nucleares con la participación que corresponda a otras dependencias; establecer la política de investigación y desarrollo, tecnológicos en la industria nuclear, entre otras.

b) Consejo de Recursos Minerales y Comisión de Fomento Minero.- La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, tiene en la ley

[150] Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear. 4 de febrero de 1985, art. 4.

vigente, la facultad para asignar al Consejo de Recursos Minerales los lotes que se requieran, para la prospección y exploración de los minerales radiactivos, actividad que está a cargo del Consejo exclusivamente, como Organismo Público descentralizado del Gobierno Federal (151).

La SEMIP, tiene como atribución el conferir a la Comisión de Fomento Minero, organismo público descentralizado, las asignaciones para la explotación de minerales radiactivos, así como las autorizaciones para la instalación y funcionamiento de Plantas de beneficio que aprovechen las sustancias minerales. Este Organismo llevará a cabo las actividades en forma directa y exclusiva.

e) Las facultades aquí señaladas, conferidas tanto a la Comisión de Fomento Minero, como el Consejo de Recursos Minerales pertenecieron según disposiciones de la ley Nuclear anterior, al Organismo Público Descentralizado del Gobierno Federal, Uranios Mexicanos, mismo que fue liquidado, por no haber logrado los objetivos a éste conferidos.

d) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. En materia de investigación de la ciencia y técnica nucleares, la ley atribuye, en su capítulo quinto, al Organismo Público Descentralizado del Gobierno Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio (152) las facultades de investigación y desarrollo de las Ciencias y Tecnologías nucleares y de promover los usos pacíficos de la energía nuclear, difundiendo los avances alcanzados para vincularlos al desarrollo económico, social y científico y tecnológico del país, todas estas actividades deberán ser congruentes con las políticas nacionales y los programas que para triefecto se aprueben, la ley anterior confería más actividades a este Instituto, lo que pretendió la Ley Nuclear de 1985 fue limitar al ámbito de la investigación las facultades del mencionado instituto.

(151) Ley Reglamentaria, Op. cit., art. 9.

(152) Ley Reglamentaria, Op. cit., art. 10.

e) *Comisión Federal de Electricidad.*- A esta corresponde en forma exclusiva la generación de electricidad a partir del uso de los materiales radiactivos, e igualmente le corresponde la construcción de Plantas Nucleoeléctricas, en correspondencia a las recomendaciones que el TININ haga. Estas actividades están en conformidad con el Artículo 15 de la Ley Nuclear, así como con las disposiciones constitucionales en vigor (153).

f) *Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.*- Esta comisión según lo expuesto por la Secretaría del Patrimonio Nacional, tenía a su cargo el ordenamiento y vigilancia de las normas que la Ley Nuclear de 1979 señalaba. Hoy en día, a partir de la promulgación de la Ley Nuclear de 1985 es un órgano descentralizado, que depende de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, la que le confiere los siguientes objetivos:

- i) Vigilar la aplicación de las normas de seguridad nuclear, radiológica, física y las salvaguardias para que el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas se lleven a cabo con la máxima seguridad para la población.
- ii) Vigilar que el territorio nacional se cumpla con las disposiciones legales y tratados internacionales de los que México es parte.
- iii) Revisar, evaluar y autorizar las bases para el emplazamiento, diseño, construcción, operación y modificación, cese de operaciones, cierre definitivo y desmantelamiento de instalaciones nucleares, etc.

En la Ley Nuclear de 1985, se señalan dieciocho puntos que determinan las diversas actividades de esta Comisión, la cual está a cargo de un Director General y cuenta con un Consejo consultivo, así como con el personal necesario para desempeñar las actividades que se le asignaron.

[153] Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El Consejo Consultivo tiene por objeto asesorar a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, siendo presidido por el titular de la SENIP, e integrándose por un representante de las siguientes Secretarías: de Gobernación, de Relaciones Exteriores, de la Defensa Nacional, de Marina, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Comunicaciones y Transportes, de Desarrollo Urbano y Ecología y de Trabajo y Previsión Social.

La Comisión cuenta con amplias atribuciones en el campo de las normas de seguridad nuclear, radiológicas, físicas y las salvaguardias tanto para el funcionamiento de las instalaciones nucleares como de las radiactivas.

Igualmente interviene en el sistema de autorizaciones para las bases del emplazamiento, diseño, construcción, operación, modificación, cese de operaciones, cierre definitivo y desmantelamiento de instalaciones nucleares.

g) Comisión Nacional de la Industria Nuclear.- Este es un órgano descentralizado de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, y a diferencia de las demás su creación y facultades no se originaron en la promulgación de la Ley Nuclear del Artículo 27 Constitucional, sino que fue constituida por el artículo 33 del Reglamento Interior de la SENIP, la cual desempeñaría las siguientes funciones, entre otras: realizar las diversas etapas industriales del ciclo del combustible nuclear y su procesamiento, excepto el quemado, así como concertar y supervisar en el caso, aquellas que no sea posible realizar en el país. Producir agua pesada; efectuar la importación y exportación de materiales combustibles nucleares, almacenar, custodiar, depositar combustibles nucleares y desechos radiactivos, cualquiera que sea su origen.

Ambito de aplicación:

Según se deduce de las disposiciones de la Ley Nuclear, el ámbito de aplicación de los fines pacíficos de la Energía Nuclear se divide en dos partes:

1. Aplicaciones estratégicas (154) reservadas exclusivamente a la Nación, quien las realizará a través de la Comisión Federal de Electricidad.
2. Aplicaciones no Energéticas (155) son:
 - a) La utilización de reactores que es facultad exclusiva del Sector Público, Universidades, Institutos y Centros de Investigación autorizados conforme a la Ley;
 - b) La producción, el uso y la aplicación de radioisótopos, así como la fabricación de los componentes del sistema nuclear del suministro de vapor, con excepción del combustible nuclear que podrán llevarse a cabo por el Sector Público, o por los sectores Social y Privado, con la excluyente de la utilización de radioisótopos mediante la utilización de reactores nucleares, actividad exclusiva de los organismos citados anteriormente.

La Industria Nuclear

Dentro de la Ley Nuclear, se especifican las actividades consideradas industriales, entre ellas se encuentran:

- a) Fases del Ciclo de combustible Nuclear, desde la refinación hasta antes del quemado, incluyendo el enriquecimiento del uranio.
- b) El quemado, o sea el aprovechamiento de los elementos combustibles con fines energéticos que resulta en la generación de la electricidad o en otro uso del calor liberado;
- c) El reprocesamiento de combustible;
- d) La última fase del ciclo de combustible, incluyendo el almacenamiento definitivo del combustible irradiado o de los desechos derivados del reprocesamiento.

(154) Ley Reglamentaria, Op. cit., art. 17.

(155) Ley Reglamentaria, Op. cit., art. 16.

- e) La producción de agua pesada, en su caso, y uso en reactores nucleares.
- f) El diseño de los sistemas nucleares de suministro de vapor.
- g) El diseño y fabricación de los equipos y componentes del sistema nuclear del suministro de vapor de las Centrales Nucleoeléctricas u otros reactores nucleares.
- h) La producción y aplicación de los radioisótopos, así como el procesamiento, acondicionamiento y disposición final de sus residuos radiactivos.
- i) El diseño, fabricación y empleo de reactores nucleares y fuentes de radiación para la investigación y desarrollo tecnológicos.

Actividades Estratégicas

Además de las actividades mencionadas dentro de la industria nuclear, existen las llamadas estratégicas, mismas que están bajo el monopolio exclusivo del Estado, debido a estar consideradas dentro de las áreas estratégicas, mas para ello el Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el manejo de estas áreas.

Sistemas de autorizaciones en la Ley Nuclear

Las instalaciones nucleares y radiactivas requieren la autorización de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, aunque algunas instalaciones radiactivas pueden ser autorizadas por la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias, esto aparece en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear.

5.3 Legislación Mexicana en materia de Responsabilidad Civil

El uso práctico de la energía nuclear trae consecuencias no previstas en los riesgos convencionales del Derecho Civil, debido al desarrollo de los usos pacíficos de la energía nuclear fue necesario afrontar los problemas de responsabilidad jurídica, por la simple razón de que no obstante el cuidado y seguridad en su utilización, los riesgos son una cuestión latente.

Esta necesidad de reglamentar la responsabilidad creció, conforme la industria privada fue incursionando en la esfera nuclear (hospitales, universidades, laboratorios, etc.).

Las posibilidades de un accidente nuclear, con las condiciones de seguridad que prevalecen en las instalaciones es remota, pero no puede ser ignorada (156) y sucediendo resultarla difícil determinar, causas y predecir consecuencias, ya que la radiación podría llegar a sitios lejanos al emplazamiento de la Planta, por lo que la sociedad internacional se preocupó, debido a la posibilidad de que la radiactividad liberada traspasara sus fronteras provocando daños en estados diferentes al del accidente.

Todos los países que fueron incursionando en la esfera nuclear, se percataron de la importancia de esta legislación, y México no fue la excepción, aunque ya para entonces México contaba con un reactor experimental.

En 1976, con la adquisición del primer reactor nuclear para la generación de energía eléctrica en Laguna Verde, surgió la necesidad de elaborar una legislación especial que previera la responsabilidad e indemnización en caso de accidente, la iniciativa fue del Organismo Internacional de Energía Atómica y de los Estados Unidos, país del cual adquirimos el reactor de dicha Planta.

(156) María de Lourdes Vez Carmona, Op. cit., p. 74.

Los siguientes son los conceptos fundamentales e indispensables en toda reglamentación sobre responsabilidad de daños nucleares:

- Autorización para una instalación Nuclear.
- Responsabilidad objetiva del operador.
- Límite pecunario de responsabilidad.
- Prescripción.
- Seguridad Financiera.
- Transporte de materiales y combustibles nucleares.
- Jurisdicción.
- Intervención Estatal.

Autorización para una instalación nuclear.- En la legislación vigente en Materia Nuclear, se atribuye a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, la autoridad de licenciante (157).

Responsabilidad objetiva del operador.- En nuestra legislación vigente a partir de 1974, se dispone que "La responsabilidad civil del operador por daños nucleares es objetiva, y éste será responsable de los daños causados por un accidente nuclear que ocurra en una instalación nuclear a su cargo, y en el que intervengan sustancias nucleares peligrosas producidas en dicha instalación, siempre que no formen parte de una remesa de sustancias nucleares" (158).

Límite pecunario de la responsabilidad en nuestra legislación.- La Ley de Responsabilidad por daños nucleares, establece el criterio de las Convenciones Internacionales, es decir, que limita la responsabilidad civil objetiva al operador.

Se establece: por lo tanto en el Artículo 14 de dicha ley, como importe máximo de la responsabilidad del operador frente a terceros, por un

(157) Ley Reglamentaria, *Op. cit.*, art. 26.

(158) Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, 31 de diciembre de 1974, Art. 4.

accidente nuclear determinado, la suma de cien millones de pesos.

Respecto a accidentes nucleares que ocurran en una determinada instalación nuclear dentro de un periodo de doce meses consecutivos, se esta blece como límite la suma de ciento noventa y cinco millones de pesos.

La cantidad indicada en el párrafo anterior, incluye el importe de la responsabilidad por los accidentes nucleares que se produzcan dentro de dicho periodo cuando en el accidente estén involucradas cualquiera sus tancias nucleares peligrosas, o cualquier remesa de sustancias nucleares destinadas a la instalación o procedentes de la misma de las que el opera dor sea responsable.

Hacemos hincapié que existen también normas sobre el importe que ori gí na el accidente a personas.

Régimen de Prescripción previsto en nuestra Legislación.- En relación al artículo 19 de la Ley de Responsabilidades Civiles por Daños Nucleares, el derecho al reclamar la indemnización al operador, por daños nu cleares, prescribirá en el plazo de 10 años contados a partir de la fecha en que se produjo el accidente. Si el daño es producido por combustibles nucleares, producto o desechos radiactivos que hubiesen sido objetos de robo, pérdida, echazón o abandono, dicho plazo de 10 años se contará a partir de la fecha en que ocurrió el accidente. (159).

Seguridad Financiera exigida en nuestro Sistema Nacional.- Al respecto de la Seguridad Financiera que los operadores deben constituir en el funcionamiento de una instalación nuclear, la legislación mexicana hace una referencia indirecta, con motivo del transporte de sustancias radiactivas, en los artículos 7 y 10 respectivamente citados.

"Podrá asumir el portador o transportista las responsabilidades que

(159) Ley de Responsabilidades. Op. cit., art. 20.

corresponden al 'operador', respecto de las sustancias nucleares".

"... Asimismo, entregará la certificación expedida por el asegurador o la persona que haya concedido la garantía financiera..."

Cuando el "operador" sea una dependencia u organismos oficial, no será necesario que el certificado se acompañe de la garantía expedida por el "asegurador", además de que, el artículo 23 dispone que los organismos públicos están exentos de otorgar seguros y garantías financieras para garantizar los daños a los que se refiere la ley [160].

Transporte de sustancias radiactivas y nucleares.- La Ley de Responsabilidades Civiles se refiere al transporte de sustancias nucleares en varios artículos, señalando: "... el operador será responsable de los daños causados por accidentes que ocurran en la propia instalación, siempre que no formen parte de una remesa [161]; agrega que "hasta que dichas remesas hubiesen sido descargadas del medio de transporte respectivo en el lugar pactado y hasta que el 'operador' dé ubicación a dicho material, hubiera asumido por vía contractual esta responsabilidad" [162].

En el artículo 14 señala que: La responsabilidad de un accidente será del 'operador' por aquellas sustancias o remesas de sustancias, que procedan de la central o se dirijan a ella y de las que el operador sea responsable.

Tan solo cuando el transportista asuma la responsabilidad del material y del accidente en su caso, el 'operador' quedará exento de responsabilidad.

Jurisdicción en nuestro Sistema Legal.- El artículo 2 señala que

[160] Situación que carece de claridad ya que al ser el Estado Mexicano el único para explotar la energía nuclear, no se le haga referencia a una garantía a la que el Estado no está obligado.

[161] Ley de Responsabilidad Civil. Op. cit., art. 5.

[162] Ley de Responsabilidad Civil. Op. cit., art. 6.

Los Tribunales Federales del domicilio del demandado procederán de acuerdo a las normas del Código Federal de Procedimientos Civiles, de las controversias que se susciten con motivo de la aplicación de la Ley.

El artículo 26 señala que las sentencias definitivas extranjeras dictadas por daños nucleares no se ejecutarán en la República en caso de que:

- La sentencia se hubiere obtenido mediante procedimiento fraudulento o por colusión de litigantes.
- Cuando se le hubieren violado garantías individuales o la parte demandada o aquella en cuya contra se pronunció.
- Cuando sea contraria al orden público nacional.
- Cuando la competencia jurisdiccional del caso, debió corresponder a los Tribunales Federales de la República Mexicana.

Intervención Estatal en la Energía Nuclear en México.- El proceso de participación de los particulares en el campo de la energía nuclear, no se ha dado en México, donde ha permanecido como actividad exclusiva del Estado desde sus primeros años.

El Artículo 27 de la Constitución Mexicana señala el dominio de la Nación, sobre todos los minerales, masas o yacimientos, que constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, entre los que se citan los combustibles minerales sólidos.

Por lo que se refiere al manejo de combustibles nucleares y al proceso de transformación, estas actividades también son ámbito exclusivo del Estado, agregando que el uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos.

En virtud de que es el Estado el único que puede ser "operador", todas las obligaciones están a su cargo, obligaciones que tiene que asumir, no sólo en su carácter de operador sino por las razones expuestas anteriormente.

5.4 México y la Legislación Internacional

México al igual que todos los países que eran parte de la Organización de Naciones Unidas fue invitado por el Gobierno de los Estados Unidos en representación del Grupo de doce naciones que patrocinaba la Conferencia Internacional, para establecer el texto final del Organismo Internacional de Energía Atómica, a formar parte de la misma.

La Conferencia que dió inicio el 20 de septiembre de 1956 y concluyó el 26 de octubre con la ceremonia en la cual el nuevo instrumento constitutivo era abierto para firma.

México ingresó al Organismo formalmente en 1959, y de ese año a la fecha se han concertado un gran número de acuerdos entre el O.I.F.A. y nuestro país, muchos de estos acuerdos corresponden a la celebración de reuniones de grupos especializados.

Entre el cúmulo de acuerdos sólo se citan aquellos que tienen relación con las principales actividades nucleares de México en materia de seguridad nuclear y que reflejan, la ejecución de los programas y mecanismos del Organismo en uno de sus Estados miembros.

Acuerdos de Salvaguardias:

El primer acuerdo global para la aplicación de salvaguardias del Organismo a México fue el denominado "Acuerdo entre México y el OIEA para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado para la Prescripción de las armas nucleares en la América Latina" (163) el cual entró en vigor el día que fue firmado, 6 de septiembre de 1968.

Posteriormente se firmó el "Acuerdo entre México y el OIEA para la

(163) Documento INFIRC/118 del OIEA. Septiembre 28, 1968, Diario Oficial de la Federación, julio 25, 1973.

aplicación de las salvaguardias en relación con el Tratado para la proscripción de las armas nucleares en América Latina y el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares", el 27 de septiembre de 1972 (164), que entró en vigor el 14 de septiembre de 1973.

El objeto de este acuerdo es verificar que México no desvíe los materiales básicos hacia un uso militar, la aplicación de Este cubre tanto las actividades nucleares con fines pacíficos, como todas aquellas actividades que utilicen materia fisionable.

Las personas que realizan las actividades de verificación son funcionarios del Organismo y deben contar con la aceptación de México, el acuerdo establece tres tipos de inspecciones:

- a) La inspección ad hoc, que se hace para verificar la información presentada por México sobre el diseño de nuevas instalaciones nucleares, el informe inicial que se presenta posterior al acuerdo y los cambios habidos entre la presentación de ese primer informe y el comienzo de las inspecciones ordinarias.
- b) Las inspecciones ordinarias que se efectúan para verificar que los informes concuerden con los registros, ubicación, identidad, cantidad y composición de los materiales sometidos a salvaguardias y la aplicación en caso de alguna diferencia.
- c) Las inspecciones especiales, que se realizan en circunstancias excepcionales.

El Acuerdo también estipula una total confidencialidad de la información exclusivamente como compromiso para el Organismo, y éste no podrá notificar ninguna información con excepción de la facilitada a la Junta de Gobernadores del OTEA o al propio personal de la Secretaría.

Convenio sobre la prevención de la Contaminación del mar, por vertimiento de desechos y otras materias

El Convenio sobre prevención de la Contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, celebrado el 29 de diciembre de 1972, es de gran importancia para México por ser signatario y participar del interés internacional por mantener un equilibrio en el medio marino, el cual puede ser explotado racionalmente según señala la Carta de las Naciones Unidas y los Principios de Derecho Internacional, por los Estados, siempre y cuando se respeten los límites internacionalmente conferidos y los principios normativos en materia de protección ecológica.

Son partes de este convenio, Estados Unidos de Norteamérica, México, el Reino Unido y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, siendo depositario Reino Unido, en su primer artículo a la letra dice:

"Las partes contratantes promoverán individualmente y colectivamente el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino y se comprometen especialmente a adoptar todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por el vertimiento de desechos y otras materias que pueden constituir un peligro para la salud humana, dañar los recursos biológicos y la vida marina, reducir las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otros usos legítimos del mar". (164a).

Con lo cual queda claramente expuesto el objetivo principal del convenio, el cual compromete a sus partes en la medida de sus posibilidades y capacidad científica y técnica para evitar el vertimiento de sustancias al mar y el consecuente desequilibrio del medio marino; asimismo se detallan algunas de estas sustancias, en las que se encuentran los contaminantes radiactivos de todas las procedencias, aclarando en lo posible en la parte de Anexos que son los desechos o materiales de alto nivel radiactivo los que por razones de salud, biológicas o de otro tipo han sido definidas por el Organismo Internacional de Energía Atómica como inapropiados.

Acuerdos con Asistencia Técnica y de suministros:

El gobierno mexicano concertó con Organizaciones como la ONU, CTT, FAO, UNESCO, OACT, OMS, UIT, OIM, OTEA y UPU, participantes del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, el acuerdo básico de asistencia técnica el 23 de julio de 1963, modificado posteriormente en agosto de 1968. En este acuerdo se indica la forma de poner en práctica las resoluciones y las decisiones referentes a la prestación de asistencia técnica por las organizaciones internacionales a México. Posteriormente y a raíz de este acuerdo, se firmó un Acuerdo Suplementario Revisado para la Prestación de Asistencia Técnica por el Organismo al Gobierno de México, el cual entró en vigor el 4 de julio de 1981, este segundo acuerdo toma en cuenta la versión revisada de los Principios Rectores y Normas Generales de Ejecución, para la prestación de Asistencia Técnica, por el Organismo, aprobado en 1979 por la Junta de Gobernadores.

En este Acuerdo Suplementario se han incorporado los principios del Organismo relativos a las normas en materia de seguridad y protección de la salud, a la utilización de la Asistencia Técnica exclusivamente con fines pacíficos y cuando se requiere a la aplicación de salvaguardias; a la protección física de los materiales, equipo e instalaciones nucleares, y a la solución de controversias.

Como miembro del Organismo México cuenta con la prestación de ayuda técnica del OTEA y le son aplicadas todas las normas que el estatuto del mismo señala.

Sin embargo, México también ha contado con ayuda del OTEA, no sólo para reactores nucleares o para el ciclo nuclear, como sería el caso del reactor de la Planta de Laguna Verde, sino para reactores de investigación y de potencia, así como para conjuntos subcríticos utilizados para la formación profesional en instituciones de educación superior.

Como se mencionó anteriormente, la cantidad de Acuerdos vigentes

entre el Organismo y México es tal que sería tedioso citarlos; sin embargo, cabe señalar que también existen acuerdos de suministro, a través de los cuales México se asegura del abastecimiento del material fuente, que es utilizado en los conjuntos subcríticos, así como del uranio enriquecido usado en los reactores de investigación y próximamente en la Planta Nuclear de Laguna Verde.

Convención sobre Asistencia en caso de accidente Nuclear o Emergencia Radiológica

Después del trágico accidente ocurrido en la Central Nuclear de Chernobil en la provincia de Ucrania, Unión Soviética, el 26 de abril de 1986, la actividad del Organismo Internacional de Energía Atómica, en materia de seguridad se ha expandido considerablemente, como consecuencia del mismo se han firmado varios Convenios relacionados con la posibilidad de que otro accidente ocurriese, México es signatario de dos de estos Convenios.

La Convención sobre asistencia en caso de accidente Nuclear o Emergencia Radiológica que se celebró del 24 al 26 de septiembre de 1986, y fue abierta a firma en Viena el 26 de septiembre del mismo año y en Nueva York el 1º de octubre, diciendo:

"Los Estados Parte cooperarán entre sí y con el Organismo Internacional de Energía Atómica, en conformidad con las disposiciones de la presente Convención para facilitar pronta asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica, a fin de reducir al mínimo sus consecuencias y de proteger la vida, los bienes y el medio ambiente de los efectos de las liberaciones radiactivas" (165).

Dicha convención entró en vigor el 26 de febrero de 1987.

(165) OTEA, INFIRC/336, 18 de noviembre de 1986.

Convención sobre pronta notificación de accidentes Nucleares

Esta Convención se celebró en Viena también, del 24 al 26 de septiembre de 1986 quedando a firma en los mismos lugares y en la misma fecha que la convención anterior.

"La presente Convención se aplicará a todo accidente relacionado con las instalaciones o actividades de un Estado Parte, o de personas o entidades jurídicas bajo su jurisdicción o control, que ocasione, o sea probable que ocasione una liberación de material radiactivo, y que haya resultado o pueda resultar en una liberación transfronteriza internacional, que pueda tener importancia desde el punto de vista de la seguridad" (166).

5.4.1 Legislación Internacional en materia de Desarme

México está considerado como el principal impulsor en los trabajos para concluir el Tratado para la proscripción de las Armas Nucleares en América Latina, conocido como Tratado de Tlatelolco, por haberse firmado en la Ciudad de México, corroborando posteriormente una iniciativa brasileña que contó con el apoyo de Bolivia, Chile y Ecuador.

México hizo una invitación a los países latinoamericanos para que en su capital se celebrara una reunión preliminar en 1964, en la cual decidieron establecer una Comisión Preparatoria, compuesta de 17 naciones y las que se adhirieran posteriormente a la resolución, con la idea de preparar un proyecto de carácter multilateral, lo cual concluyó al cabo de dos años y el Tratado de Tlatelolco fue firmado por 21 países en la Ciudad de México el 14 de febrero de 1967.

El Tratado de Tlatelolco contiene 31 artículos y uno transitorio, así como dos anexos denominados Protocolo adicional I y II. Los objeti -

(166) OIEA, INFIRE/355, 18 de noviembre de 1986.

vos del Tratado se encuentran estipulados en el preámbulo, que a continuación se transcribe:

"La desnuclearización militar de América latina, entendiéndose por tal el compromiso internacionalmente contraído en el presente Tratado de mantener sus territorios libres para siempre de armas nucleares, constituirá una medida que evite a sus pueblos, el derroche, en armamento nuclear, de sus limitados recursos y que los proteja contra eventuales ataques nucleares a sus territorios; una significativa contribución para impedir la proliferación de armas nucleares, y un valioso elemento en favor del desarme general y completo..."

El Tratado, también prohíbe a los Estados miembros el ensayo, uso, fabricación, producción y adquisición de armas nucleares, así como cualquier posesión de éstas [167].

América Latina fue la primera, y hasta hoy es la única zona militarmente desnuclearizada del mundo, hasta abril de 1985 el número de Estados miembros era de 23 de un total de 26, incluyendo entre éstos a Argentina que aún no lo ratifica, debido a que señala que el Tratado de Tlatelolco está en correspondencia con las salvaguardias de la OIEA, y que éstas no permiten el total desarrollo nuclear del país, para fines pacíficos, y en vista de que este país ya estaba trabajando sobre el control total del ciclo nuclear que hoy ha alcanzado, incluso el enriquecimiento del uranio, la firma y ratificación del Tratado de Tlatelolco hubieran ido en contra de sus proyectos nucleares.

El Protocolo Adicional I, permite la adhesión al Tratado a Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña y Holanda que son considerados internacionalmente responsables, para ciertos territorios, comprendidos en la zona geográfica establecida en el Tratado.

[167] Artículo 1° del Tratado de Tlatelolco para la proscripción de Armas Nucleares en América Latina.

El Protocolo Adicional II, está diseñado para garantizar el respeto de los países poseedores de Armas Nucleares y la desnuclearización de la zona, así como no amenazar a las partes contratantes con el empleo de Estas. Este Protocolo ha sido firmado y ratificado por: China, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña y la Unión Soviética.

Para asegurar que esto fuese cumplido el Tratado de Tlatelolco, dispuso el establecimiento del Organismo para la proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina (OPANAL), cuyos órganos principales son la Conferencia General, el Consejo y la Secretaría, su sede se encuentra en la Ciudad de México.

Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares

En la Asamblea General de las Naciones Unidas, se inició el estudio para impedir la proliferación de las armas nucleares, previendo la posibilidad de que nuevas naciones se hicieran poseedoras de este tipo de armas lo que forzosamente aumentaría los riesgos de una Guerra Nuclear.

El trabajo conjunto de los 18 miembros del Comité de Desarme, Comité que fue creado para fijar los principios en que se basaría un tratado para prevenir la proliferación de las Armas Nucleares, por la Asamblea en 1961, condujo a la conclusión de un proyecto de tratado, el cual fue examinado por la Asamblea General, aprobando el texto íntegro del Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP) el 12 de junio de 1968, abierto a firma el 1º de julio del mismo año. El TNP entró en vigor el 5 de marzo de 1970.

Al hablar de proliferación, es preciso aclarar que existen dos tipos, la proliferación vertical, o crecimiento del desarrollo del Armamento Nuclear de los países que se conoce tienen armas nucleares, dicha proliferación escapa del marco de las actividades del Tratado; y la proliferación horizontal, que significa un incremento en el número de países que poseen armas nucleares, la cual se controla a través de las salvaguardias del OIEA, del TNP, del Tratado de Tlatelolco.

El problema que presenta la proliferación horizontal es que existen una serie de países que se rehúsan a ser parte del TNP, y que poseen la capacidad técnica para convertirse en países poseedores de Armas Nucleares, y si a esto aunamos los antagonismos que existen entre países de determinadas regiones, como son Irán e Irak, o la India y Pakistán, sin ir muy lejos en nuestro Continente, no es novedad hablar de las rivalidades entre Brasil y Argentina, situación que pone en alto riesgo la seguridad del mundo entero.

5.5 Primera Nucleoeléctrica mexicana, Laguna Verde

5.5.1 Viabilidad de la energía eléctrica en México

Cabe preguntarse el porqué de la necesidad de una Planta Nuclear generadora de energía eléctrica, cuando somos un país favorecido con vastos yacimientos petrolíferos; sin embargo éstos se calculan durarán un par de décadas, y siendo un país donde la población crece a un ritmo de 2.5% anual y por ende su planta industrial, los requerimientos de energía crecerán gradualmente a una tasa media anual de entre 2.8 y 3.8% [168].

Al terminar 1984, México tenía una capacidad eléctrica instalada de 17.396 MW y se calcula que sus requerimientos eléctricos para el año 2000 [169] ascenderán a los 87.216 MW, por lo que existe la necesidad de desarrollar 69.820 MW en el curso de 18 años, aclarando que de 1982 a 1986 se han instalado 48.96 MW aproximadamente (Ver Tablas 3, 4 y 5 anexos).

Si hacemos un rápido análisis de otras fuentes alternativas, como sería la hidroeléctrica, la geotérmica y el carbón, concluiremos en la necesidad que México tuvo para incursionar en el sector nucleoelectrico.

Hasta que terminó la década de los 60's, la hidroelectricidad dominó en el sector eléctrico, situación que cambió en la década de los 70's, al ser la energía termoeléctrica la dominante.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) en conjunto con la Secretaría de Recursos Hidráulicos ha hecho varios estudios sobre el potencial hidroeléctrico del país, el cual se calcula es de 80 TWH (Teravatios-hora, millones de megavatios hora) equivalentes a 22,000 MW. Tomando en cuenta factores de orden técnico como económico [170] la CFE considera factible

[168] Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, Poder Ejecutivo Federal, p. 17.

[169] Antonio Ponce. La Energía Nuclear en México, SUTIN, octubre 1982, p. 10.

[170] Programa Nacional. Op. cit., p. 44.

llegar a tener instalados entre 20 y 25 mil MW hidroeléctricos para el año 2000, es decir, que esta fuente energética podría cubrir cerca de 21.8% de las demandas eléctricas estimadas para finales de siglo.

Por otro lado este tipo de energía no es ajena a problemas ambientales, ya que con el transcurso de los años va modificando su entorno. Un problema que se le presenta a México en relación al uso de la hidroelectricidad, es que las cuencas potenciales se encuentran en el sureste del país, mientras que los grandes centros de consumo energético se localizan en el centro y norte de México.

Los hidrocarburos constituyen el potencial más importante del país; sin embargo, la forma en que éstos están siendo utilizados, agotará próximamente los yacimientos que se calculan en 72.500 millones de barriles, de los que (171) el 48% de la reserva se localiza en la zona de Campeche, el 20% en el área de Chiapas-Tabasco y el 32% en el resto de país, aunando reservas de 69% de crudos, 21% de gas seco y 10% de líquidos recuperables del gas (172).

Energía Geotérmica. A pesar de que México fuese un país pionero en el aprovechamiento del calor que fluye de las regiones internas de la tierra hacia la superficie, su evolución como fuente alternativa ha sido un proceso lento y costoso. Las proyecciones de crecimiento de la capacidad geotérmica nacional, que por muchos años permanecieron tan solo en 75 MW, se calcula serán de 3,900 MW para el año 2000, contribuyendo así con el 2.4% a las necesidades de energía eléctrica (173).

La geotermia no está exenta de contaminar el ambiente ya que el vapor proveniente del subsuelo está sumamente contaminado con sales dañinas para la ecología local.

(171) Ver tabla de anexos. # 6

(172) Programa Nacional. Op. cit., p. 43.

(173) Programa Nacional. Op. cit., p. 44.

Por su parte, el carbón, energético fundamental para la Revolución Industrial, y el más abundante en el planeta, se encuentra escasamente en nuestro país; aún así, se calcula que la capacidad generada por carbón eléctrico, para el año 2000 será de 5,500 MW (174), cubriendo así el 4.6% de los requerimientos eléctricos para finales del siglo; el carbón es, sin duda el que plantea los mayores riesgos, comenzando desde su misma extracción hasta la contaminación con CO_2 y la contaminación compuesta de azufre y de nitrógeno, que se reflejan en las lluvias ácidas.

La energía nuclear, que aún no es fuente de electricidad en nuestro país, pero que su primer proyecto, la Planta de Laguna Verde, está por inaugurarse, ofrece interesantes perspectivas que en la década pasada estimaban contar con 20,000 MW de electricidad nuclear para el año 2000.

Otras estimaciones, más reservadas, buscan la adecuación de su objetivo, con el ritmo de integración de la industria nacional en el área nuclear, se pensó así, que para el año 2000 se podría contar con 7,900 MW, lo que implicaría un gran desarrollo nuclear en la década de los 90's, contribuyendo así, con el 4.9% de las necesidades energéticas para la fecha mencionada.

Una de las ventajas que ofrece la energía nuclear a nuestro país, es que ésta al no requerir grandes cantidades de combustible, puede localizarse cerca de las zonas industriales y lejos de los yacimientos de uranio (175) ya que el transporte de combustible no ocasiona grandes gastos.

Se plantea el problema de una dependencia energética ya que México no cuenta con las técnicas ni la capacidad requerida en el proceso de enriquecimiento del uranio; sin embargo, nada dice que en un futuro no podamos lograr la autosuficiencia.

(174) Ibidem.

(175) La Jornada, septiembre 24, 1987, diálogo entre autoridades y ecologistas.

Este punto es especialmente polémico, ya que cabe aclarar que las técnicas de enriquecimiento son procesos sensibles, por los aspectos de la proliferación de armas nucleares (176), lo que está sujeto a reglamentación especial y afortunadamente México ha sometido todas sus actividades nucleares a las salvaguardias del Organismo, y la posibilidad de obtener las técnicas de enriquecimiento será únicamente para fines comerciales. Claro está, que cabe la posibilidad de que los Estados Unidos no permitan que México adquiera dicha tecnología, más es tan solo una posibilidad; por otro lado existen cinco o más países que podrían proveernos de dicho combustible, en lo que México lograrse su ciclo total; estos países podrían ser: Holanda, Alemania, Francia, la URSS, Estados Unidos y próximamente Japón (177).

Acerca de los problemas ecológicos que la energía nuclear ocasiona hemos hablado con anterioridad, solo cabe recalcar que una Central Nuclear es la que mayor seguridad ambiental ofrece.

5.5.2 Laguna Verde, de Proyecto a Realidad

Debido a las necesidades de un energético alternativo que tendrá nuestro país, en pocos años, se optó por construir una Central Nucleoeléctrica. Desde que se decidió llevar a cabo el proyecto Laguna Verde, se comenzó a buscar el emplazamiento más adecuado; sin embargo, en aquel entonces, México carecía tanto de investigadores y técnicos, como de un Organismo que se encargase de esa labor; finalmente se acordó que sería en el Municipio de Alto Lucero en el Estado de Veracruz, por reunir las condiciones básicas que una Central requiere, como son su cercanía a grandes masas de agua, y una estabilidad sísmica entre otras cosas (178).

(176) La Jornada, Op. cit., p. 11.

(177) La Jornada, Op. cit., p. 13.

(178) En este mismo capítulo se describen las características climatológicas, sísmicas, hidrológicas, poblacionales, entre otras cosas de Alto Lucero, Veracruz.

Los orígenes del proyecto datan de 1966, cuando Gustavo Díaz Ordaz, fue convencido de su necesidad. Los primeros contratos con compañías de origen norteamericano datan desde la misma selección de Laguna Verde, como sitio para construir la primera Central Nuclear.

Anteriormente a esto, México convocó a un Concurso Mundial para la primera Planta del país, se recibieron siete paquetes de ofertas de los siguientes fabricantes: Westinghouse, Combustion Engineering, Kraftwerkunion, Heavy Industries, Atomic Energy of Canada, General Electric y Framatome (179). Optando finalmente por la propuesta de la Compañía Norteamericana General Electric (180).

Para 1971, el proyecto fue sometido a un exhaustivo estudio; hasta entonces dicho proyecto sólo incluía un reactor de 500 MW con un costo de 128 millones de dólares.

Desde 1970 se empezó el período de terminación entre cuatro o cinco años. Más por causas propias del Sistema sexenal de nuestro país de revisar lo hecho la administración anterior esto no se cumplió. Luis Echeverría corrigió y amplió el proyecto, en el lapso de un año no se decidió cambiar de diseño y de "una vez" que fueran dos unidades nucleares de 654 MW cada una, lo que elevaría el costo a casi 400 millones de dólares, esperando se inaugurarla en 1976.

Los trabajos se iniciaron en 1973 con todo el apoyo económico, ya que se pensaba inaugurar la Planta el mismo sexenio, más la devaluación de 1976 incrementó los costos de ésta hasta 560 millones de dólares.

En el Sexenio de José López Portillo con el auge petrolero, se

(179) Ponce, Antonio. La Energía Nuclear, *Op. cit.*, p. 28.

(180) Cuando se recibieron las propuestas, el Gobierno mexicano había decidido cancelar momentáneamente el proyecto, al reanudarlos, se optó por la oferta de la Compañía General Electric.

estancó el sueño mexicano de participar en la era nuclear y Laguna Verde se quedó en el olvido. Para 1983 con el nuevo régimen se definió que la fecha "ahora sí" sería en 1986.

Existen seis motivos por los cuales se han incrementado los costos de la Planta a más de la hiperinflación nacional y de la devaluación del peso frente a divisas extranjeras, son: costos directos de construcción agregados relacionados con aspectos de seguridad y ambientales, costos indirectos de construcción, contingencias, escalonamiento durante la construcción e intereses durante ésta.

Estos factores son responsables de que las Plantas multipliquen sus costos. En análisis hechos en E.E.U.U. se determinó que dichos factores incrementan costos en un 3.75%.

Podemos resumir diciendo que el gran atraso que ha sufrido el proyecto y realización de Laguna Verde se ha debido primordialmente por la crisis económica que atraviesa nuestro país a más de haber sufrido las propias modificaciones sexenales que estuvieron a punto de convertirlo en un "hoyo de tiempo" más gracias al empeño de algunos sectores, el proyecto toma cada día más forma para ser precisamente una realidad al servicio de la electrificación nacional.

Descripción del Sitio

"El Sitio de la Nucleoeléctrica de Laguna Verde está localizado en la Costa del Golfo de México en el Municipio de Alto Lucero del Estado de Veracruz, a 70 kilómetros de la Ciudad de Veracruz y 60 de la Ciudad de Jalapa" (181).

Las vías de acceso al sitio consisten en la carretera federal # 180

(181) Recopilación de artículos sobre Laguna Verde. ININ. p. 4.

que une José Cardel y Nautla, la cual pasa a dos kilómetros aproximadamente del sitio. El entronque de acceso a la Planta se localiza en el Km. 44-280 de esta carretera, existiendo caminos vecinales que comunica a los Municipios vecinos con este tramo de carretera federal # 180.

a) El medio ambiente.- En la región del sitio la vegetación se basa en arbustos y matorrales a lo largo de la laguna.

b) Población.- La población ubicada dentro de un radio de 20 km. no es muy densa, la estimada para el año 2000 será de 16,102 habitantes.

Las actividades básicas son la agricultura, la pesca, la ganadería y la explotación de los recursos forestales.

c) Meteorología.- El clima del lugar es marítimo y presenta pocas variaciones climáticas, con una humedad elevada todo el año, la estación de lluvias comienza en junio y termina en septiembre, con vientos dominantes en otoño. La temperatura promedio en verano es de 26.8 °C con temperaturas superiores a los 31 °C 24 días al año. En invierno la temperatura promedio es de 21.7 °C.

Los intemperismos registrados corresponden a huracanes, existiendo en particular en esta zona uno cada cinco años, originados todos en el Golfo de México.

d) Hidrología.- El sitio de la Planta se encuentra en la Cuenca de pequeños arroyos que alimentan a la laguna Verde y Salada, los arroyos de la cuenca permanecen secos la mayor parte del año alimentando a la laguna sólo en época de lluvias.

e) Geología.- El lugar se localiza sobre una masa de basalto de 40 m. de espesor correspondiente al período Plioceno formada de varias capas que se extienden 1.4 Km. mar adentro. Esta masa muestra una estructura columnar que no está afectada por movimientos tectónicos locales o regionales.

La masa de basalto descansa sobre un depósito de aluvión de 40 a 65 metros de espesor. Estudios realizados demuestran que no existen irregularidades ni fracturas.

Las zonas tectónicas de importancia son:

- La línea Nalisco - El Abra
- La línea Zempoala
- La línea Jalapa - Tuxtla

El sismo máximo creíble para la línea Nalisco se basa en que el Abra puede alcanzar una magnitud de 6.5 en la escala de Richter, pudiendo producirse una aceleración horizontal de 26 °C al sitio.

La línea Jalapa puede producir un sismo máximo creíble con una magnitud de 7.4 en la escala de Richter; que debido a la distancia sólo puede llegar a 0.07 °. La estabilidad del lugar está garantizada por la ausencia de movimientos diferenciales en las capas en los últimos 30,000 años.

f) Monitoreo Radiológico.- "El programa de Monitoreo Radiológico tiene como objetivo determinar los niveles de radiactividad en el sitio antes de la operación de la planta, las trayectorias importantes a través de las cuales los materiales radiactivos atribuibles a la planta pudieran llegar a la cadena alimenticia y estimar las consecuencias y los efectos de la Planta en el medio ambiente" [182].

La operación de la Planta no debería causar ninguna alteración al medio ambiente ni afectar a la seguridad y salud públicas.

Descripción de la Planta

"La planta nucleoelectrica de Laguna Verde consta de dos unidades

[182] Recopilación... Op. cit., p. 45.

generadoras, idénticas prácticamente de 654 MW eléctricos cada una. Cada unidad se compone de un edificio hermético que contiene un reactor de agua ligera en ebullición y los sistemas necesarios para su utilización" (183).

Consta de un edificio para el turbogenerador y el condensador de Sistemas de apoyo, un edificio de control y un edificio para los generadores diesel de emergencia. Las dos unidades comparten un edificio para tratamiento de desechos radiactivos de mediano y bajo nivel y un edificio para la desmineralización del agua que se utiliza como fluido de trabajo, además de un edificio de obra de toma para agua de mar, que se utiliza como agua de enfriamiento para los condensadores de la Central y una subestación de 400 KW para la salida de energía eléctrica hacia una red integrada a dos líneas de transmisión de 239 KV a Veracruz y tres líneas de 400 KV dos de ellas a Puebla y una tercera a Poza Rica.

{183a}

i) Características del Reactor y del Turbogenerador.- Podríamos hablar de una Planta nucleoelectrica como similar a una termoelectrica más la diferencia básica radica en que esta última trabaja por medio de un reactor nuclear, lo cual implica incluir diversos sistemas que permiten su operación segura, y que al darse la fisión del átomo se producen desechos de fisión que deben estar adecuadamente blindados para protección del personal o en su caso evitar impactos. Esto es precisamente lo que hace a las Plantas Nucleoelectricas más complejas y costosas en sus instalaciones; sin embargo, los costos de combustible son mucho más bajos.

Laguna Verde utiliza reactores de agua en ebullición (BWR) de ciclo directo y circulación forzada, produciendo vapor, el cual se utiliza en la turbina.

"Estos reactores salieron al mercado en 1965 y desde entonces han

[183] Recopilación... Op. cit., p. 165.

[183a] Ver anexo # 7.

evolucionado. El modelo de Laguna Verde es el BWR/5 que se ofreció por primera vez en 1969. En 1972 la General Electric empezó a ofrecer su segundo modelo, y en Laguna Verde se utilizará el combustible mejorado de Este" (184).

El BWR es un sistema que genera vapor y consta del núcleo del reactor, donde se encuentra el combustible nuclear, de elementos de ensamble en una vasija de presión, la vasija del reactor y de Sistemas Auxiliares" (185).

"El agua circula a través del núcleo del reactor para producir vapor de agua de recirculación y se seca en la parte superior de la vasija llegando a un 3% de humedad antes de ser enviado al turbogenerador. La turbina emplea un ciclo regenerativo convencional con condensador de desmineralización del condensador.

La vasija del reactor se diseña y fabrica para satisfacer los códigos aplicables para una presión relativa de 8.619 MPa.

El material de la vasija es de acero de baja aleación con un espesor de 14 cm. recubierta interiormente con acero inoxidable, las principales conexiones a esta vasija son tuberías de aspersión para el núcleo, tuberías de remoción de calor residual y tuberías de control líquido de emergencia.

Por su parte el núcleo del reactor contiene alrededor de 81 toneladas de Uranio (UO_2) con un enriquecimiento promedio de 1.87% para la carga inicial y de 2.4 a 3.0% para la recarga. El combustible se encuentra en forma de pequeñas pastillas de UO_2 de aproximadamente 1.25 cms. de diámetro y 1 cm. de altura, las que se introducen en tubos de zircaloy de

(184) INTN, *Op. cit.*, p. 166.

(185) La primera unidad consta de: edificio del reactor, edificio del turbogenerador, edificio de control, edificio de generadores diesel, edificio de retratamiento de residuos radiactivos, edificio de retratamiento de agua y del taller mecánico.

aproximadamente cuatro metros de largo llenándolos y sellándolos herméticamente. La carga inicial del combustible contiene 109 barras de control, 68 ensambles de uranio natural (0.711% U-235), 96 ensambles de medio enriquecimiento (0.076% U-235) y 280 ensambles de alto enriquecimiento (2.19% U-235).

Las barras de control se introducen y extraen del núcleo del reactor mediante mecanismos hidráulicos que entran a la vasija por la parte inferior.

Para empezar la operación del reactor se requieren fuentes de neutrones de antimonio-berilio, que se colocan verticalmente en el núcleo del reactor. Al extraer las barras de control se inicia la reacción en cadena que aumenta hasta llegar a la potencia requerida por lo cual es necesario introducir estas barras gradualmente, logrando una potencia constante. Las barras de control dan entonces el control burdo para la potencia. Para un control fino se hacen cambios en el flujo de recirculación al pasar el agua por el núcleo del reactor de abajo hacia afuera, se calienta y hierve en la parte superior del núcleo produciéndose vapor que se separa del agua y seca en la vasija antes de pasar a las tuberías que la conducirán posteriormente al turbogenerador.

El vapor de un BWR es radiactivo debido al N_{16} que tiene una vida promedio de 7 segundos, el otro elemento radiactivo se produce por la corrosión de materiales, los cuales se activan a su paso por el núcleo del reactor.

En lo que concierne al turbogenerador, la turbina es de tipo TANDERM con recalentamiento y opera a 1800' pm, equipada con sistemas de control electrohidráulico, capacidad de 674,480 KW en las terminales del generador, a una presión de salida de la turbina de 2.0 pulgadas de Hg absolutos.

"El generador es de tipo síncrono, trifásico de 60 Hz, 22,000 V y

1,800 *irpm* enfriado posteriormente por hidrógeno con capacidad nominal de 750 KV y un factor de potencia de 0.9 y una razón de corto circuito de 0.58 a la capacidad de diseño" (186).

5.5.3 Medidas de Seguridad y Supervisión de la O.T.E.A.

Es precisamente la seguridad el factor más importante y en el que se pone más empeño cuando se piensa en una Nucleoelectrica, sobre todo por el hecho del concepto generalizado que se tiene de la energía nuclear, tras las explosiones de Hiroshima y Nagasaki.

En los tubos de Zircaloy, donde se encuentra el combustible y en donde se realiza el ciclo de Uranio, también la seguridad juega un papel vital ya que se precisa que ningún producto radiactivo escape del núcleo y de los instrumentos adicionales.

Dependiendo del tipo de reactor y de los países que lo fabriquen e instalen, se producen normas de seguridad que garanticen lo anterior, las normas varían en menor grado buscando la contención de la radiactividad.

Los edificios, equipo y sistemas del reactor se diseñaron y construyeron para soportar una aceleración máxima por sismos de 0.26 *gr* (menor que el ocurrido en la Ciudad de México en septiembre de 1985).

"La ingeniería, diseño, construcción, instalación y los procedimientos para diversas actividades, todo relativo a materiales deben ser sometidos a procedimientos exactos de garantía y calidad" (187).

En lo que se refiere a los reactores BWR/5 como los de Laguna Verde se toma como accidente base de diseño la rotura completa con separación

[186] ININ, Op. cit., p. 167.

[187] Ibidem.

de extremos de las tuberías para circulación de agua, esto produce escape de agua de la vasija provocando el posible derretimiento del núcleo, al salirse el agua de la vasija, en donde se encontraba en estado de alta presión, se convierte en vapor súbitamente ocasionando que el edificio al rededor sea afectado por dicha presión, lo que puede ser contrarrestado con un edificio que rodee la vasija, llamado de contención primaria para soportar presiones; dicho contenedor es una estructura cilíndrica cónica con paredes de concreto con alto contenido de acero de refuerzo de 1.5 metros de espesor, debidamente soldado y revisando, asegurando su hermeticidad.

Posterior al contenedor primario se encuentra el edificio que alberga el resto de los sistemas de apoyo del reactor y el piso de recarga de combustible donde se encuentra una alberca de combustible usado, altamente radiactivo, que se produce durante la operación del reactor. Este edificio conocido como contenedor secundario, consta de paredes de concreto como de un metro de espesor y en la parte superior tiene planchas de acero, sirviendo de respaldo al primer edificio.

En cuanto al reactor, este tiene un sistema de frenado súbito, necesario en caso de accidente, el cual anula la operación que se oponga a su paro.

Las barras de control, cuentan con un acumulador de nitrógeno de alta presión que permite su incursión en fracciones de segundo, cuentan con limitadores de velocidad de extracción, evitando reacciones que puedan quedar sin control.

En caso de darse una baja en el nivel de agua del núcleo, existen sistemas de enfriamiento de emergencia que inician su operación ya sea en condiciones de alta, media o baja presión, dichos sistemas bañan el núcleo, permitiendo la extracción de calor.

Así mismo, existe una estación remota fuera del cuarto de control para apagar el reactor.

"Las barras resultantes de este concepto en el caso de Laguna Verde son": (188).

- Las pastillas mismas del combustible.
- El encamisado de Zircaloy, de las pastillas.
- La frontera de alta presión constituida por la vasija, la del reactor y de las tuberías de alta presión.
- El contenedor primario (189).
- El contenedor secundario (190).
- Un área exclusiva alrededor de la Planta con 680 metros de radio aproximadamente del edificio del reactor, en cuya frontera una persona sin protección no recibirá una dosis mayor de 25 rems a cuerpo total en dos horas, en caso de que sucediera el accidente, base del diseño de la planta.
- Una zona de baja densidad poblacional.

Por otra parte se elabora un Plan de emergencia para evacuación de personas en el área restringida.

Como las condiciones ambientales son básicas en caso de un accidente, Laguna Verde cuenta con un laboratorio de ingeniería ambiental que lleva y llevará un minucioso registro de radiactividad.

Cuenta con un almacén temporal para los desechos radiactivos de

(188) ININ, Op. cit., p. 58.

(189) Es un edificio cilíndrico cónico con paredes de concreto de 1.5 metros de espesor fuertemente reforzada con acero, recubierto interiormente con una placa de acero de 0.95 metros de espesor que está soldada herméticamente en el fondo del contenedor primario; hay una alberca de supresión de presión que contiene un volumen de 3,000 metros cúbicos de agua.

(190) El contenedor secundario que es el edificio mismo del reactor y que se mantiene a menor presión que la atmosférica para que no haya: fu gas al exterior.

medio, bajo y alto nivel, con capacidad de cinco años para cada módulo; en lo que se refiere a los desechos de alto nivel, se tienen albercas de combustible usado, éstos sólo se generan en los elementos combustibles descargados del reactor al finalizar un ciclo.

La alberca tiene una capacidad de 1,242 elementos combustibles en cada alberca, con almacenamiento a ocho años, lo que dará tiempo para encontrar la solución más certera en el depósito de estos desechos de alta actividad.

Bases de seguridad

"Las partes internas de la vasija del reactor deben cumplir con las siguientes bases de seguridad:

- Deben producir un volumen considerable de agua para que el núcleo sea enfriado adecuadamente en cualquier situación.
- Cualquier deformación de las partes internas debe ser limitada.
- El diseño mecánico de las partes internas debe asegurar altas bases de seguridad.

"Para determinar si estas bases de seguridad se han cumplido se examina la respuesta de las partes internas de la vasija del reactor a cargas impuestas durante condiciones normales, anormales de emergencia de falla. Se deben determinar los efectos sobre la habilidad para insertar las barras de control, enfriar el núcleo e inundar el volumen interior de la vasija" (191).

En caso de una emergencia con pérdida anormal de líquido en el circuito del fluido refrigerante, el refrigerante del núcleo se garantiza mediante la operación de cuatro sistemas redundantes que son:

(191) ININ, Op. cit., p. 34.

- Sistemas de despresurización automática (ADS) que descarga el vapor de la vasija a la alberca de supresión.
- Sistema de enfriamiento de alta presión (HPCS) que inicia la aspersión del núcleo del reactor, mientras se despresuriza rápidamente la vasija.
- Sistema de enfriamiento de baja presión (LPCS) que entra en operación cuando ya se despresurizó la vasija.
- Sistema de inyección de refrigerante a baja presión (LPC). Este sistema es el mismo que el de remoción de calor residual (RHR), pero en el suministro el refrigerante al núcleo del reactor, cuando la vasija ya se despresurizó manteniéndolo inundado por el lapso ne cesario. [192]

Las bombas que operan estos sistemas están respaldadas por tres generadores diesel de emergencia que entran en operación a plena carga en 13 segundos en caso de falta de suministros de energía eléctrica externa e interna [Ver Anexo # 8].

Además de estas medidas relativas al sistema de enfriamiento, y al sistema de contención, existe un mecanismo conocido como "inertización" que consiste en inyectar nitrógeno, el cual elimina el hidrógeno existente y va paralizándolo gradualmente el proceso de fisión en cadena de los ra dioisótopos que hayan salido de los contenedores.

Por otro lado, también se han elaborado un Plan de Emergencia Inter no, el cual se llevará a cabo si la situación de accidente no pudiese ser controlada con las medidas anteriormente citadas.

La Comisión Federal de Electricidad, tiene la obligación de notifi car a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y a las autoridades federales y estatales, la existencia de una emergencia en la central.

[192] CFE, Qué es la Central Nuclear de Laguna Verde, p. 4.

El Gobierno de la República no ha escatimado esfuerzo para lograr una total seguridad en Laguna Verde. En enero de 1988, estuvo en México una Misión Científica del OIEA, invitada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias. Esta Misión tenía como objetivo revisar el avance de construcción de la planta, así como el proceso de licenciamiento de Esta. El informe extraoficial entregado a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal fue positivo, aprobando los logros de Laguna Verde.

Plan de Emergencia Radiológico Externo

Entre los requisitos con los que debe contar una Central Nuclear para poder operar, como lo hemos señalado en el Capítulo Tres de este trabajo, se encuentra el contar con un plan de emergencia Radiológico Externo, la Nucleoeléctrica de Laguna Verde cuenta con dicho plan en vías de proteger, de un posible vertimiento radiactivo a la población aledaña.

El PERE, o Plan de Emergencia Radiológica Externo, constituye conjuntamente con sus procedimientos un documento que establece la planeación, la dirección y el control de las actividades de respuesta y recuperación, así como la organización y coordinación de las entidades de respuestas y recuperación, y la organización y coordinación de las entidades que participen en las acciones de protección.

Su objetivo es garantizar la seguridad y la salud de la población en situaciones de emergencia radiológica causadas por la ocurrencia de un accidente durante la operación de la central [193].

El PERE se preparó como respuesta ante una emergencia basándose en el análisis de los accidentes potenciales [194].

[193] CFE, Central Nucleoeléctrica Laguna Verde. PERE, CFE, 1987, p. 4.

[194] Los accidentes en una central Nucleoeléctrica pueden ser en términos generales ocasionados por la pérdida total o parcial del abastecimiento de electricidad o del enfriamiento.

La decisión de aplicar las acciones de protección que establezca el PERE, se basan en las características de la zona que requiere protección, dicha zona es establecida con base en el estudio de accidentes potenciales en Centrales Nucleoeléctricas y sus efectos; se denomina zona de planeación de Emergencia y se divide en:

- a) Zona vía pluma; está incluida dentro de un círculo de 16 kilómetros de radio, con origen en la Central; las vías de contaminación en esta zona son por exposición a la nube radiactiva, y por inhalación del material radiactivo que se desplaza y difunde en la atmósfera de acuerdo con las condiciones meteorológicas existentes.
- b) Zona vía ingestión, está incluida dentro de un círculo de 60 kilómetros de radio con origen en la Central, en esta zona la principal vía de contaminación es por ingestión del agua, pasto, vaca, leche, hombre.

La Central cuenta además con una torre meteorológica con sensores cuyos datos se transmiten al Cuarto de Control, donde se procesan con los parámetros de la Central para estimar la dosis proyectada y tomar decisiones de operación como son las siguientes:

Acciones de Protección:

1. Operaciones precautorias iniciales.
2. Administración de medicamentos radioprotectores.
3. Refugio en la zona de planeación de emergencia vía pluma.
4. Evacuación de la zona vía pluma y acomodo en albergues situados fuera de ésta (195).

Acciones de Respuesta:

1. Dirección, coordinación y control de las operaciones.

2. Evaluación del accidente, dosimetría, monitoreo ambiental.
3. Evaluación de las acciones de protección a aplicar.
4. Notificación al público.
5. Atención Médica y Salud Pública:
 - Monitoreo Radiológico de evacuados
 - Descontaminación de personas.
 - Control de la exposición radiológica del personal de respuesta.
 - Control de agua y alimentos.
6. Atención a damnificados.
7. Descontaminación de equipos y sectores.
8. Comunicación y Transporte.

Dentro del plan participan las siguientes Secretarías: la de Gobernación, coordinando actividades de otras dependencias:

- De la Defensa Nacional y la de Marina; encargadas de la protección de la población civil.
- De Energía, Minas e Industria Paraestatal; participa con la Comisión Federal de Electricidad por ser la encargada del diseño.
- De Agricultura y Recursos Hidráulicos, participa con la Secretaría de Defensa y de Desarrollo Urbano y Ecología y la de Salud, en el muestreo de agua y alimentos dentro de la zona 0-6- kilómetros.
- La de Comunicaciones y Transportes participa en el desarrollo, operación y mantenimiento del sistema integral de comunicaciones, necesario para la eficiente coordinación entre las dependencias y organismos involucrados en el PERE.
- La de Salud proporciona atención médica a la población, trabajadores y al personal de auxilio durante la etapa de respuesta y recuperación de la emergencia.
- El Gobierno del Estado de Veracruz proporcionando albergues para la población evacuada, el abastecimiento de víveres, medicinas, ropa y demás requerimientos para satisfacer las necesidades de las acciones de respuesta y recuperación.

5.6 Consideraciones sobre los posibles efectos ambientales de la Central Nuclear Laguna Verde

No obstante México contaba desde 1979 con una Ley Nuclear, ésta no consideró aspectos como la realización de informes ambientales capaces de evaluar los efectos que sobre el ambiente causaría la construcción y operación de las dos unidades de la Nucleoeléctrica Laguna Verde; no fue sino hasta la Nueva Ley Nuclear de 1985 con la creación de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, que se realizó "el primer documento guía", que indicara la forma y el contenido de la información, que la Comisión Federal de Electricidad debía entregar, para que las autoridades competentes en la materia evaluaran los efectos ambientales producidos por las Plantas Nucleoeléctricas, durante su construcción, operación normal o en caso de accidentes" (196).

5.6.1 Reglamentos

En nuestro país no existe una reglamentación que limite o determine las cantidades de material radiactivo liberadas al medio ambiente por plantas nucleares; por lo que se han tomado los criterios de la CIPR, o de los países altamente desarrollados en esta área.

México ha basado la mayor parte de sus normas en la reglamentación estadounidense, debido a que los reactores de la Planta provienen de este país.

Entre las leyes nacionales que se utilizan como margen de referencia para limitar las descargas sanitarias, térmicas y de productos químicos se encuentran las siguientes:

- Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental.
- Reglamento para la prevención y control de la contaminación de

(196) Ing. Roberto Treviño, Ing. José Raúl Ortiz M., CNSNS, Efectos Ambientales producidos por la Planta Laguna Verde.

aguas.

- Ley Federal de Protección al ambiente.
- Reglamento para prevenir y controlar la contaminación del Mar por vertimiento de Desechos y otras materias.
- Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos. (197)

La selección de Laguna Verde no contó con la evaluación requerida precisamente porque la legislación mexicana carecía de un órgano competente que tuviera a su cargo tal actividad; sin embargo, queda claro que en las próximas centrales se usarán todos los puntos evaluatorios del sitio seleccionado, "La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias elaboró un documento guía que indica la forma y contenido de la información que la CFE debe presentar, para que las Autoridades competentes en la materia, puedan evaluar los efectos ambientales causados por la construcción y operación de la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde, solicitando una descripción detallada de:

- Aquellas características físicas, biológicas y humanas del medio ambiente y del área, que podrán ser afectadas por la construcción y operación de la planta.
- Los sistemas de la Planta relacionada con la liberación de efluentes.
- La interacción de la Planta y el medio ambiente y las medidas planeadas para reducir algunos de los efectos indeseables sobre el medio ambiente.
- Los medios a través de los cuales se obtuvieron los datos de la línea base presentados y los planes y programas para el monitoreo de los efectos ambientales de la preparación del sitio, construcción y operación de la planta.
- Los efectos ambientales potenciales de accidentes que involucran a la planta.

[197] Todas estas leyes aparecieron en el Diario Oficial de la Federación del 15 de marzo de 1973.

Los controles administrativos relacionados con la organización y dirección, procedimientos revisores y auditorías, registros e informes para asegurar la protección ambiental (198).

Posibles efectos

Un reactor como el de la Central de Laguna Verde, de agua ligera con eficiencia térmica de 33%, descarga en el condensador aproximadamente 2,000 MW; si tal rapidez de flujo del agua de enfriamiento es de 50 m³/s la temperatura del agua en la salida del condensador tendrá un incremento de 10°C, lo cual podría causar cambios ambientales; sin embargo, para evitar esto el agua caliente se pasa a través de estanques o torres de enfriamiento. Por su parte estas torres, también tienen algunos inconvenientes ya que crean plumas de vapor de agua que pueden causar problemas de formación de niebla y hielo (199).

El calor que se libera de una Nucleoeléctrica influye en las masas de agua, en las que se interactúa, ya que puede producir cambios favorables como la reproducción de otras especies ajenas al lugar; un ejemplo es la langosta que requiere aguas calientes para vivir; o desfavorables, como la muerte de peces, o producirse efectos combinados por la descarga térmica radiactiva y de productos químicos y biocidas.

También cabe la posibilidad que durante la operación de la planta, una parte de los radionucleidos o radioisótopos ahí producidos, pueda escapar hacia el refrigerante a través de fisuras; aunque la mayor parte de éstos son eliminados por los sistemas de tratamiento de desechos líquidos y gaseosos.

Asimismo, existen los accidentes posibles del reactor, que por su

[198] Ver Anexo # 9

[199] Ing. Roberto Treviño, Op. cit., p. 198.

cantidad de productos fisiónables se convierte en un verdadero peligro; sin embargo, los sistemas de contención con los que cuenta Laguna Verde no permitirían la salida de efluentes radiactivos al exterior, mas si esto se diese, las personas serían afectadas por rayos gamma, los que causarían una dosis de cuerpo entero; o por rayos beta, que causarían una dosis menos peligrosa a la piel; "Considerando los medios ambientales contaminados con cualquiera de los isótopos presentes, habrá riesgo de contaminación de la piel, que con un cuidado razonable y un lavado regular se controlaría fácilmente; sin embargo, la contaminación de vegetales verdes y cosechas probablemente necesitaría una acción de control de las áreas contaminadas" (200).

5.7 Opinión Pública

Resulta sumamente difícil abordar una cuestión como es la opinión pública en torno a la construcción de Centrales Nucleares, debido a lo politizado y polémico del tema.

Existen grupos compuestos por científicos, técnicos o autoridades que indican que la energía hasta hoy, más viable para afrontar una inminente escasez de hidrocarburos, es la nuclear (201), agregando que son las nucleoelectricas las que mayor seguridad ambiental ofrecen, además de las múltiples aplicaciones de los radioisótopos.

Por otra parte existen también grupos de ecologistas, compuestos igualmente por hombres de ciencia y autoridades que en base a los accidentes de Tres Millas y Chernóbil, han iniciado una fuerte campaña antinuclear; tanto los primeros, como estos últimos cuentan con bases sólidas para defender sus argumentos; sin embargo, en ocasiones las campañas antinucleares carecen de objetividad y realismo, ya que manejan datos e información que dista mucho de ser verídica, llegando a la población por medio del temor que como bien sabemos es un elemento importantísimo de manipulación. El público nacional en su gran mayoría carece de total información con respecto a los "nobles beneficios" de la energía nuclear; las autoridades encargadas de la construcción y puesta en marcha de la Central Laguna Verde han comenzado un programa de información pública que por el momento es deficiente, ya que no llega a todos los niveles socio-culturales y muchas veces la información no aclara las dudas populares; de ello se han valido los grupos opositores a Laguna Verde para tratar de convencer a la población con ideas que asocian a la energía nuclear con muerte. Es to ayudado en gran medida por el reciente accidente de Chernóbil que fue mal manejado por la prensa norteamericana, la cual tiene gran influencia en nuestro país.

(201) Nuclear Contribution to Energy, p.

Claro está, que hemos expuesto que la posición anti-nuclear, se debe en gran medida a la ignorancia y por ende al temor, más, ¿qué está ocurriendo en naciones con un nivel cultural mucho más elevado como la sueca, que también se han opuesto a la energía nuclear? en efecto, el Gobierno Sueco hizo un referéndum popular (En nuestra Constitución también son válidos los referéndums) el cual cuestionaba si el pueblo sueco quería o no continuar con el programa nuclear.

En un primer momento la población sueca rechazó la instalación de Centrales Nucleoeléctricas y muchas de éstas fueron cerradas; sin embargo, al constatar el incremento de sus costos, al volverse más dependientes del petróleo importado, cambiaron su postura con respecto al sector nuclear, proponiendo se reabriesen las Centrales Nucleoeléctricas.

En el caso particular de nuestro país, no podría llevarse a cabo un referéndum, debido a la ignorancia de la mayor parte de la población.

Los Grupos Antinucleares han continuado su labor para que la Central Laguna Verde no sea abierta llevando el caso a la Cámara de Diputados y Senadores; el Gobierno Mexicano respondió a tal inquietud con una modificación a la Ley Ambiental del 28 de enero de 1988, la cual además de ser más objetiva, deslinda responsabilidades en materia de contaminación.

Como sabemos, una Central Nuclear no puede explotar como una bomba, debido a que el uranio que éstas utilizan es enriquecido hasta en un 3%, el uranio más altamente enriquecido de Laguna Verde es de un 2.19%; cuando para la construcción de una bomba se requiere Uranio o Plutonio enriquecido a más de un 90%; por otro lado, lo ocurrido en Chernóbil no podría ocurrir en México ya que en primer lugar nuestro reactor es diferente: el soviético era un Reactor de agua a presión (PWR) con grafito como moderador, el cual es altamente flamable; y el de Laguna Verde es un reactor de agua en ebullición con agua en ebullición precisamente como moderador.

Por otra parte, el Gobierno Soviético no incurrió mucho en el sector de seguridad, con el propósito de abaratar el costo de kilovatios producidos. Laguna Verde cuenta como se mencionó en páginas anteriores, con avanzadísimos sistemas de seguridad, más un sistema de contención que abarca desde el contenedor primario, el secundario, hasta una zona de exclusión de personal no autorizado de 680 m., lo que reduce toda posibilidad de salida de efluentes radiactivos de la Central.

Lo que sí sería preciso tomar en cuenta son todos aquellos instrumentos radiactivos que se encuentran en Centros de Investigación, hospitales, industrias, etc., que muchas veces no son tratados con el cuidado que ameritan; recordemos que el accidente brasileño se debió a falta de una autoridad competente que decidiera qué hacer con el cesio 135 que quedó abandonado en un hospital y que por ignorancia se llegó a una dramática tragedia. En México no fue sino hasta después del temblor de septiembre de 1985 que se incluyó en el Plan de la Secretaría de Defensa DN2 (Ayuda a la población en caso de desastre) la operación a realizar en cuanto a una fuga radiactiva, ya sea en hospitales, centros de investigación, industrias, entre otros centros.

La falta de conocimiento y de conciencia en el manejo de materiales radiactivos, es mucho más peligrosa que el poner una Central Nuclear eléctrica en operación, por lo que resulta indispensable que las autoridades encargadas de las Centrales, implementen un programa de educación pública en relación a la energía nuclear que abarque todos los sectores socio culturales y niveles educativos y que se adecúe a las demandas de interés de cada nivel; ya sea con programas televisivos atractivos para la población, programas de radio, enfatizando los múltiples beneficios que obtenemos de los radioisótopos, así como conferencias y debates organizados para los centros de Educación Superior, todo esto elaborado por especialistas en la materia, asesorados por comunicólogos para que dichos programas capten de manera total el interés del público.

CONCLUSIONES

1. Las dificultades energéticas del futuro motivan la búsqueda de nuevas fuentes de energía, entre las cuales la energía nuclear representa una realidad cuya viabilidad nos permite considerarla la fuente más idónea.
2. Toda fuente de energía guarda íntima relación con el índice de producción de los países; en este sentido la energía nuclear lleva implícita una trascendencia económica porque no sólo significa una fuente más, desde el punto de vista energético, sino porque las condiciones actuales permiten incrementar la producción a costo relativamente bajos en relación con los demás.
3. La energía nuclear nació identificándose con un uso bélico que por sus dimensiones provocó rechazo hacia cualquier posibilidad de su utilización. Sin embargo, el uso pacífico de la energía nuclear se ha generalizado y aún cuando sigue latente su utilización para fines militares, la energía nuclear ha ido convirtiéndose en factor esencial no sólo en el desarrollo económico, sino incluso en otras actividades como la medicina, la agricultura, la genética, la ingeniería, entre otras.
4. El medio internacional y concretamente la trama de las Relaciones Internacionales están determinados por diferentes factores que inciden en la jerarquización de los Estados, el desarrollo nuclear se ha convertido en un factor más del cual puede depender en mucho el prestigio de los países.
5. El ser humano se ha caracterizado por su constante esfuerzo para satisfacer todo tipo de necesidad como uno de ellos representado en el logro de nuevas fuentes energéticas que le permitan hacer frente a todo incidente relacionado con esa satisfacción, de las diversas

fuentes de energía que se han podido desarrollar, la energía nuclear, aunque con cierto índice de contaminación, se postula como la más segura y limpia de las que se hayan logrado encontrar hasta hoy.

6. Los avances técnicos en materia de energía nuclear se han desarrollado a un ritmo vertiginoso; en ninguna otra fuente se ha logrado avanzar como en la energía nuclear. Si bien es cierto que el uso de esta fuente energética lleva implícito cierto riesgo y que los desechos radiactivos representan un verdadero problema, el alcance de la tecnología ha llegado a tal grado que incrementa considerablemente la seguridad en el uso de esa nueva fuente y disminuye los peligros que encierra la radiactividad latente en los desechos, al lograrse reducir de manera fehaciente el promedio de radiactividad en ellos.
7. En los últimos años ha surgido la idea tendiente a frenar todo uso de la energía nuclear, ya que al tener presente en todo momento los accidentes sucedidos en Tres Millas y Chernóbil, la opinión pública se manifestó en contra de cualquier uso posible de dicha fuente. No obstante, estos accidentes dejaron una gran experiencia referida al perfeccionamiento de los sistemas de seguridad y emergencia de las centrales nucleares, que aún cuando no se puede hablar de inmunidad absoluta en torno a los riesgos inherentes de un accidente, se ha fortalecido la seguridad respecto a ellos.
8. El uso de la energía nuclear despertó la inquietud de su reglamentación jurídica, desde los inicios de la era nuclear, latió la idea de encontrar mecanismos adecuados que proscibieran el desvío de dicha energía a fines no pacíficos que contemplaran una sanción adecuada a los posibles infractores. El desarrollo de instrumentos jurídicos que tiene por objeto el control de la energía nuclear prohibió a partir de la década de los sesentas. En la actualidad encontramos no solo convenios internacionales, sino declaraciones y programas de acción en cuanto al uso pacífico de este tipo de energía,

siendo menester destacar que a diferencia de otras áreas jurídicas, las propuestas emanan de fuentes externas.

9. La Organización Internacional desarrollada en la postguerra tuvo presente desde sus comienzos el potencial de la energía nuclear, los esfuerzos para crear un organismo internacional dedicado específicamente a promover y vigilar el uso pacífico de la energía nuclear, parten desde la primera resolución de las Naciones Unidas; sin embargo, el Organismo Internacional de Energía Atómica nace poco más de diez años después, presentando verdaderas dificultades en sus inicios, las cuales ha superado en su mayoría.
10. El Organismo Internacional de Energía Atómica ha fortalecido su papel en la medida en que ha perfeccionado los Sistemas de Salvaguardias. Cabe destacar que los Estados Miembros de dicho Organismo han contraído compromisos para observar toda recomendación encaminada a robustecer la seguridad en cualquier instalación nuclear.
11. En la época Post-Chernóbil, el Organismo en cuestión incrementó la fiabilidad de las Centrales Nucleares que operan hoy en día. Empero, ningún país está exento de protagonizar un incidente nuclear, gravitando en los países del Tercer Mundo el riesgo de un accidente, quienes a diferencia de los Estados desarrollados carecen de recursos económicos capaces de hacer frente a tales situaciones, por lo que es necesario dotar al Organismo Internacional de un "Fondo de Cooperación en caso de Accidentes" integrado por cuotas de los diferentes Estados Miembros y destinado a solventar emergencias suscitadas en el Tercer Mundo.
12. México no debe ni puede permanecer ajeno a la explotación pacífica de la energía nuclear, entre otras cosas porque las fuentes propias de energía han sido irracionalmente explotadas, colocándonos en la posibilidad de su agotamiento en pocas décadas, hecho que pudiese convertirnos de exportadores a importadores de energía.

13. El establecimiento de una Nucleoeléctrica como Laguna Verde, significa un importante instrumento para satisfacer la creciente demanda energética nacional, dando la pauta para el consiguiente desarrollo nucleoelectrico del país.
14. Es improbable un accidente nuclear en Laguna Verde de la magnitud de lo ocurrido en Chernobil, no sólo por la diferencia en los tipos de reactor, sino también por los sistemas de contención de los que carece la planta soviética y con los que cuenta México. Además el importante grado de capacitación de técnicos mexicanos nos permite disponer del material humano necesario exigido por toda instalación nucleoelectrica.
15. La desinformación y mala información han provocado que la opinión pública nacional se manifieste adversa a la energía nuclear, sin contar con los elementos adecuados para un juicio objetivo en cuanto a Laguna Verde. Factores de tipo político y económico han distorsionado el verdadero papel de Laguna Verde, provocando opiniones contrapuestas sin una real justificación.

A N E X O S

Número de instalaciones (con excepción de "otros lugares") sometidas a salvaguardias o que contenían material salvaguardado, al final de 1986

Estado ^{a/}	Categoría de instalación ^{b/}										Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	J		
Países Bajos	2	3				2	c/		2		9
Pakistán	1	1					1				3
Perú		1									1
Polonia		5							2		7
Portugal		1					1				2
Reino Unido						1	2				3
República de Corea	7	3		1				1			12
Rep. Dem. Alemana	5	5					1	1			12
Rep. Pop. Dem. de Corea		2									2
Rumania		3		1							4
Sudáfrica	2	1							1		4
Suecia	12	3		1			1	1			18
Suiza	5	5					1	1			12
Tailandia		1									1
Turquia		2									2
URSS	1	1									2
Uruguay		1									1
Venezuela		1									1
Vietnam		1									1
Yugoslavia	1	3									4
Zaire		1									1
Total	175^{a/}	171^{a/}	5^{a/}	35^{a/}	6	7	37	42^{a/}	2		480^{a/}

^{a/} La inscripción en esta columna no significa que la Secretaría exprese opinión alguna acerca de la situación jurídica de ningún país o territorio, o de sus autoridades, o acerca del trazado de sus fronteras.

^{b/} Véase el cuadro 10 para la explicación de las distintas categorías.

^{c/} Una de las cuales es un lugar relacionado con la tecnología del enriquecimiento.

^{d/} Este Estado tiene únicamente "otros lugares", con inventarios de menos de un kilogramo efectivo.

^{e/} El Organismo aplica también salvaguardias en Taiwán (China) a seis reactores de potencia, seis reactores de investigación/conjuntos críticos, una planta piloto de transformación de uranio, dos plantas de fabricación de combustible y una instalación de I y D.

CUADRO 11

Número de instalaciones (con excepción de "otros lugares") sometidas a salvaguardias o que contenían material salvaguardado, al final de 1986

Estado ^{a/}	Categoría de instalación ^{b/}										Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	J		
Alemania, Rep. Fed. de	25	24		5	1	2	9	8			74
Argentina	2	5	1	3			1	1	2		15
Australia		3						1			4
Austria	1	3									4
Bangladesh		1									1
Bélgica	8	5		2			3	5			23
Brasil	1	3		1		1					6
Bulgaria	5	1									6
Canadá	20	13	1	4			7	1			46
Colombia		1									1
Checoslovaquia	8	3					1	2			14
Chile		2									2
Dinamarca		2		1			1	1			5
Egipto		1									1
España	11	4		2	1						18
Estados Unidos	2			1							3
Filipinas	1	1									2
Finlandia	4	1									5
Francia							1				1
Grecia		1									1
Hungría	3	4						1			8
India	4			1	1						6
Indonesia		3		1							4
Irán, Rep. Islámica del		1									1
Iraq		3		1			1				5
Irlanda d/											0
Israel		1									1
Italia	4	12		4	2		4	3			29
Jamahiriya Arabe Libia		1									1
Jamaica		1									1
Japón	38	22	3	6	1	1	1	9			81
Luxemburgo							1				1
Malasia		1									1
México	2	2									4
Noruega		2						1			3

Instalaciones en Estados NPAN^{a/} sometidas a salvaguardias o que
 contenían material nuclear salvaguardado al final de 1986

Categoría de la instalación	Número de instalaciones		
	INFCIRC/153 ^{b/}	INFCIRC/66/Rev.2	Total ^{c/}
A. Reactores de potencia	151	27	178 (172)
B. Reactores de investigación y conjuntos críticos	150	26	176 (177)
C. Plantas de transformación	4	2	6 (6)
D. Plantas de fabricación de combustible	27	9	36 (37)
E. Plantas de reelaboración	4	2	6 (6)
F. Plantas de enriquecimiento	5	1	6 ^{d/} (5)
G. Instalaciones de almacenamiento separadas	32	2	34 (30)
H. Otras instalaciones	40	3	43 ^{e/} (41)
I. Otros lugares	386	28	414 (413)
J. Instalaciones no nucleares	0	2	2 (2)
Totales	799	102	901 (889)

^{a/} Como indica el título del cuadro, solo se incluyen las instalaciones de Estados NPAN. En el cuadro 12 se facilita información sobre las instalaciones de Estados PAN sometidas a acuerdos de salvaguardias basados en INFCIRC/66/Rev.2, y sobre las instalaciones inspeccionadas en virtud de acuerdos basados en ofrecimientos voluntarios.

^{b/} Acuerdos de salvaguardias concertados en conformidad con el TNP y/o el Tratado de Tlatelolco.

^{c/} Las cifras correspondientes a 1985 se indican entre paréntesis, con fines comparativos.

^{d/} Incluidos dos lugares relacionados con la tecnología del enriquecimiento.

^{e/} Contando una instalación que incluye actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la tecnología del enriquecimiento.

Sección 4

CONCLUSIONES REFERENTES A LAS INSTALACIONES

Instalaciones sometidas a salvaguardias o que contenían material nuclear salvaguardado

101. El cuadro 10 presenta en forma resumida las instalaciones [10] de Estados NPAN sometidas a salvaguardias o que contenían material nuclear salvaguardado al final de 1986. El cuadro 11 ofrece la misma información por cada Estado, tomada del proyecto de Informe anual para 1986 (GOV/2289) que indica las instalaciones de los Estados NPAN y PAN, pero no incluye "otros lugares".

102. El cuadro 12 indica el número y tipo de instalaciones sometidas a acuerdos de salvaguardias INF/CIRC/66/Rev.2 o designadas para su inspección en virtud de acuerdos basados en ofrecimientos voluntarios en Estados PAN al final de 1986. Respecto de los cuatro Estados PAN en los que se aplicaron salvaguardias en 1986, el cuadro 11 incluye información sobre estas instalaciones, tomada del proyecto de Informe anual para 1986 (GOV/2289).

103. En las siguientes subsecciones, las instalaciones se agrupan con el fin de informar sobre la efectividad de las actividades de inspección según una pauta igual a la de los IPPS precedentes: reactores de agua ligera (LWR), reactores recargados en servicio (OLR), reactores de investigación y conjuntos críticos (RICC), y todas las instalaciones comprendidas en las categorías C a H del cuadro 10, denominadas instalaciones que no son reactores (INR).

Observaciones generales

Metas y enfoques de inspección

104. Las metas de detección se presentaron a la Junta en 1977 (GOV/1911). En el folleto informativo IAEA/SG/INF/6 [11], publicado en 1985 se describen con detalle los conceptos, métodos y enfoques de salvaguardias. Las metas y enfoques de inspección para cada tipo de instalación se mencionan en las páginas siguientes solo muy brevemente. Las principales metas de inspección para las instalaciones se definen técnicamente de la misma manera en el caso de las instalaciones de Estados NPAN que en el de las de Estados PAN.

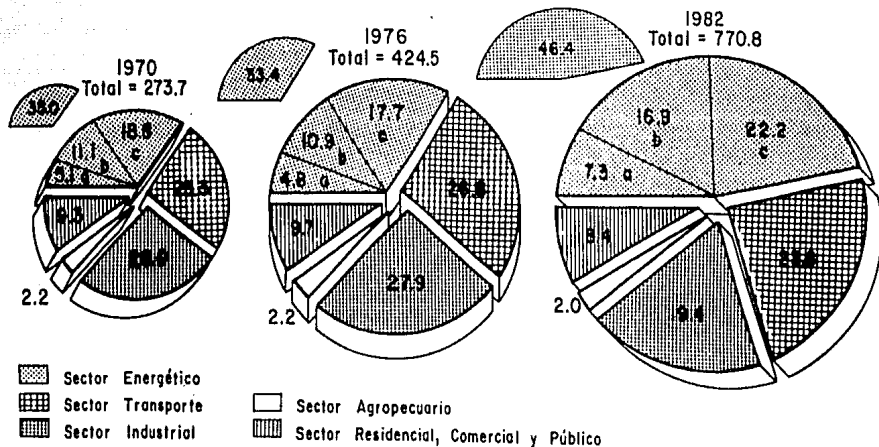
[10] Como se indica en el documento GOV/INF/361, el término "instalaciones" denota las instalaciones nucleares (categorías de instalación A a H del cuadro 10) y también los lugares situados fuera de las instalaciones (u "otros lugares" --categoría de instalación I del cuadro 10) que contienen material nuclear. Se ha añadido la categoría de instalación J, en la que se incluyen las instalaciones no nucleares, tales como las plantas de producción de agua pesada.

[11] "IAEA Safeguards, Implementation at Nuclear Fuel Cycle Facilities", IAEA/SG/INF/6. OIEA, Viena, enero de 1985.

CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA

ANEXO 3

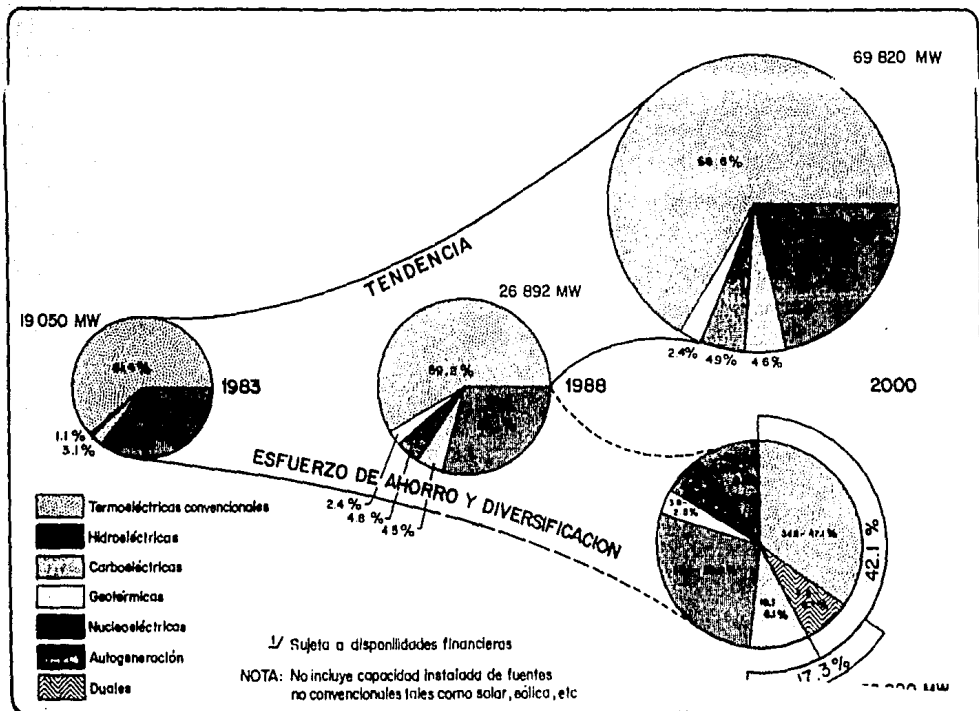
Millones de Barriles de Petróleo Crudo Equivalente
(ESTRUCTURA PORCENTUAL)



a) Pérdidas por transporte, distribución y almacenamiento b) Autoconsumo c) Pérdidas por transformación.

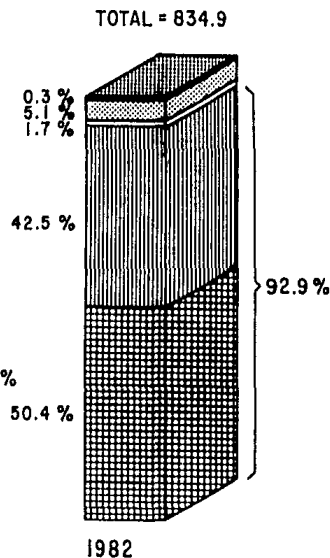
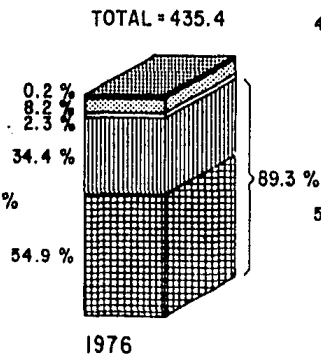
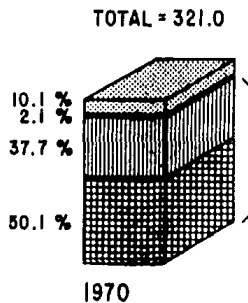
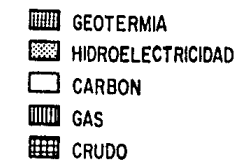
Nota: El sector utiliza recursos energéticos durante el proceso de transformación de energía primaria a energía secundaria, así como para la elaboración de productos de la petroquímica básica. Además, durante las distintas etapas del proceso productivo el sector observa pérdidas y realiza un consumo propio de energía.

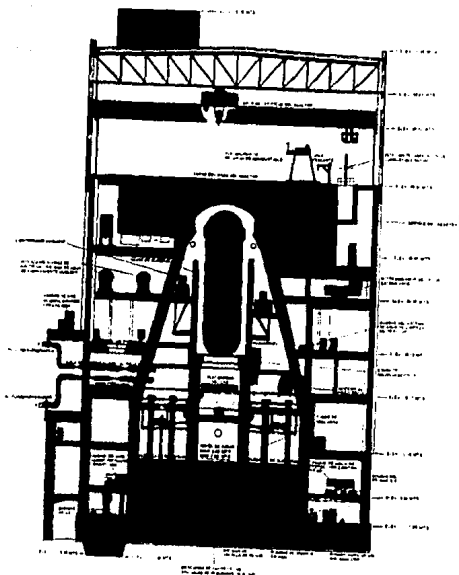
ESTIMACIONES DE DIVERSIFICACION DE LA ESTRUCTURA DE CAPACIDAD INSTALADA 1/



ESTRUCTURA DE LA PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA DESTINADA AL MERCADO NACIONAL

(Millones de Barriles de Petróleo Crudo equivalente)

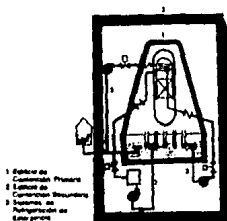




En caso de una pérdida anormal de líquido en el circuito del fluido refrigerante, el enfriamiento de emergencia del núcleo se garantiza mediante la operación de 4 sistemas redundantes que son:

- Sistema de despresurización automática (ADS), que descarga el vapor de la mezcla a la atmósfera de supresión.
- Sistema de enfriamiento de alta presión (HAPCS), que inicia la aspersión del núcleo del reactor mientras se despresuriza rápidamente la vasija.
- Sistema de enfriamiento de baja presión (LPCS), que entra en operación cuando ya se despresurizó la vasija.
- Sistema de inyección de refrigerante a baja presión (LPCI). Este sistema es el mismo que el de remoción de calor residual (RRC), pero en caso de emergencia sirve para el suministro de refrigerante al núcleo del reactor, cuando la vasija ya se despresurizó, manteniéndola inundada por el lapso necesario.

ESQUEMAS DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE EMERGENCIA Y DE CONTENCIÓN



Los bombes que operan estos sistemas están respaldados por 3 generadores diesel de emergencia que entran en operación a plena carga en 13 segundos en caso de falta de suministro de energía eléctrica sistema a interna.

ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

ANEXO I

GUIA PARA LA ELABORACION DEL INFORME AMBIENTAL DE LA PNLV

CAPITULO I

EL SITIO E INTERFASES AMBIENTALES

- 1.1 Geografía y demografía
- 1.2 Ecología
- 1.3 Meteorología
- 1.4 Hidrología
- 1.5 Geología
- 1.6 Características históricas, arqueológicas, arquitectónicas, culturales, naturales y escénicas

CAPITULO II

LA PLANTA

- 2.1 Puntos de liberación de efluentes
- 2.2 Características del reactor y de la turbina
- 2.3 Uso del agua por la planta
- 2.4 Sistema de disipación de calor
- 2.5 Término fuente y sistemas para tratamiento de desechos radiactivos
- 2.6 Desechos de productos químicos y biocidas
- 2.7 Sistema sanitario y otros sistemas de desechos
- 2.8 Reporte de movimiento de material radiactivo

CAPITULO III

EFECTOS AMBIENTALES DE LA OPERACION DE LA PLANTA

- 3.1 Efectos de la operación del sistema de disipación de calor,
- 3.2 Efecto radiológico debido a la operación rutinaria
- 3.3 Efectos de las descargas de productos químicos y biocidas

- 3.4 Efectos de las descargas de desechos sanitarios
- 3.5 Efectos de la operación y mantenimiento de los sistemas de transmisión de energía eléctrica
- 3.6 Paro definitivo y desmantelamiento

CAPITULO IV

PROGRAMAS DE MONITOREO, MEDICIONES AMBIENTALES Y DE EFLUENTES

- 4.1 Programas ambientales preoperacionales del solicitante
- 4.2 Programas de monitoreo operacional propuestos por el solicitante
- 4.3 Programas de monitoreo y medidas ambientales ajenos al solicitante
- 4.4 Datos del monitoreo radiológico ambiental preoperacional

CAPITULO V

EFECTOS AMBIENTALES DEBIDO A ACCIDENTES

- 5.1 Accidentes de la planta que implican liberación de radiactividad
- 5.2 Accidentes de transporte que involucran radiactividad
- 5.3 Otros accidentes

CAPITULO VI

CONTROLES ADMINISTRATIVOS

- 6.1 Responsabilidad
- 6.2 Organización
- 6.3 Revisión y Auditoría
- 6.4 Procedimientos de operación y especificaciones de los informes

LEY ECOLÓGICA

Como respuesta a la imperiosa necesidad por proteger nuestro entorno, el cual vemos más afectado día con día, el Gobierno Federal implementó dentro de la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y Medio Ambiente, un artículo relacionado con el uso y explotación de los materiales radiactivos, misma que apareció el 28 de enero de 1987, y entró en vigor el 1º de marzo del mismo año, con lo cual quedó abrogada la Ley Federal de Protección al ambiente del 30 de diciembre de 1981.

Esta nueva ley incursiona en todos los campos de la actividad humana, que contaminan el ecosistema al modificarlo y alterarlo y, deslinda responsabilidades a las diversas secretarías de estado y/u otras dependencias, logrando mayor calidad y eficacia en las disposiciones de la misma y en el modo de ejecutar estas disposiciones. Asimismo en su capítulo V reglamenta el uso, explotación, transporte de materiales y residuos peligrosos donde entran el uranio, plutonio, entre otros materiales radiactivos.

El en capítulo VI, artículo 154 hace mención a la utilización de la energía nuclear específicamente, a la letra dice: "La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias con la participación que, en su caso corresponde a la Secretaría de Salud, cuidarán de la exploración, explotación y beneficio de materiales radiactivos, el aprovechamiento de los combustibles nucleares, los usos de la energía nuclear, la industria nuclear y en general las actividades relacionadas con la misma se lleven a cabo en apego a normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radiactivas, de manera que eviten riesgos a la salud humana y aseguren la preservación del equilibrio ecológico, correspondiendo a la Secretaría* realizar las evaluaciones del impacto ambiental" (201a).

* Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecológica.

(201a) Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988, p. 24.

La Planta Nuclear de Laguna Verde, por su parte, cumple con todas las disposiciones de esta Ley, en lo que se refiere al emplazamiento, el cual ha sido previamente analizado en este capítulo, así como en su diseño, construcción, operación, planes de emergencia internos y externos.

En lo que toca al transporte de Uranio y otros materiales radiactivos, los transportistas deben cumplir con los reglamentos de seguridad impuestos por la OMS, el OIEA, la OACI y las reglamentaciones mexicanas al respecto.

Para finalizar, cabe señalar que los desechos radiactivos que la Central producirá como parte de su funcionamiento transcurridos 8 años de empezar a operar, serán destinados a albercas especiales donde perderán más del 50% de su potencial radiactivo. Por el momento México aún no resuelve qué técnica utilizará para su posterior y definitivo alojamiento, más cuenta con 8 años o más para decidirse por la técnica óptima, en lo que los científicos y técnicos nucleares del mundo entero siguen investigando la forma de resolver lo que hasta hoy representa el único y real problema de una Central Nuclear.

G L O S A R I O

- Actinio:** Elemento cuyo número atómico está comprendido entre 89 y 103; ambos incluidos son todos radiactivos.
- Actividad:** Es el número de desintegraciones por unidad de tiempo de una fuente de radacia; es una medida del nivel de decaimiento.
- Agua ligera:** El agua ordinaria H_2O , que sirve de refrigerante y moderador en el tipo de reactores que llevan su nombre.
- Agua pesada:** La molécula en mayor proporción de esta agua está formada por dos átomos del isótopo deuterio del hidrógeno y uno de oxígeno D_2O .
- Alberca de almacenamiento de combustible:** El depósito lleno de agua donde se dejan reposar los combustibles irradiados para que su nivel de actividad se reduzca; normalmente se encuentra contigua al reactor.
- Atomo:** Parte más pequeña en que pueda existir un elemento como tal.
- Barras de control:** Los dispositivos utilizados para controlar la potencia de un reactor nuclear, regulando la reacción en cadena.
- Bequeiro (becquerel):** Unidad SI de radiactividad, equivalente a una desintegración por segundo [2.7×10^{-11} curios, aproximadamente].
- Blindaje:** Cualquier barrera que se interponga para proteger a los trabajadores, equipo o sistemas de la radiación ionizante.
- Clausura (decommissioning):** Trabajos necesarios para retirar de modo definitivo y programado una instalación nuclear del servicio activo. Después de ello los reglamentos aplicables serán diferentes. (En algunos Estados Miembros no se considera una instalación como clausurada en tanto no sea adecuada para su uso sin restricción).

Ciclo de combustible: El conjunto de transformaciones que sufre el combustible nuclear desde la extracción del mineral que contiene uranio, pasado por la concentración, enriquecimiento en su caso, fabricación de elementos combustibles, quemado en el reactor y también con el reprocesamiento.

Combustible agotado: El combustible que ha sido utilizado en el reactor que contiene productos de fisión por lo general altamente radiactivos.

Combustible nuclear: Los materiales nucleares cuyos núcleos se dividen bajo la acción de un flujo de neutrones lentos y rápidos, los más importantes son el uranio natural, el uranio enriquecido en el isótopo U-235, el plutonio 239 y el uranio 233.

Contaminación: La manera como las radiaciones ionizantes alcanzan al ser humano, ya sea por contacto en la superficie del cuerpo, inhalación, ingestión, o bien a través de una herida.

Decaimiento radiactivo: La transformación espontánea de un núcleo de un estado excitado a otro en equilibrio, o bien en otro núcleo diferente, teniendo como características en ambos casos la emisión de partículas atómicas.

Desechos radiactivos: Los materiales y equipos radiactivos del reactor para los cuales no hay uso posterior.

Desechos de actividad alta:

- i) Líquido altamente radiactivo, que contiene principalmente productos de fisión y algunos actínidos, resultante de la reelaboración química del combustible irradiado (desechos acuosos procedentes del primer ciclo de extracción con disolventes y demás desechos líquidos).
- ii) Combustible irradiado de los reactores, si se declara un desecho.
- iii) Cualquier otro desecho cuyo nivel de radiactividad sea comparable al indicado en i) o en ii).

- Desechos de actividad baja:** Desechos que, a causa de su bajo contenido en radionucleidos, no requieren blindaje durante su manipulación y transporte normales. (En relación con otras posibles limitaciones véase desechos de periodo largo).
- Desechos de periodo largo:** Desechos cuya actividad no descenderá a niveles aceptables en un tiempo durante el cual quepa esperar que persistan los controles administrativos.
- Desintegración radiactiva:** Sinónimo de decaimiento.
- Dosímetro:** El medidor de la cantidad de radiación absorbida.
- Efectos biológicos:** La reacción a nivel celular de la interacción de radiación con los materiales vivientes.
- Efectos genéticos:** Los que se manifiestan en la descendencia del individuo irradiado.
- Efectos somáticos:** Los que aparecen en el cuerpo de una persona expuesta a la radiación.
- Electrón:** La partícula fundamental de la materia que tiene carga eléctrica negativa; los electrones están alrededor del núcleo y determinan las propiedades químicas del átomo.
- Elemento:** La sustancia básica formada por una familia de isótopos que no pueden dividirse químicamente.
- Encamisados:** Los tubos herméticos que alojan el combustible nuclear y sirven de primer contenedor de las partículas peligrosas generadas en el combustible.
- Efluente:** Fluido líquido o gaseoso que se descarga en el medio ambiente.

Energía Nuclear: La energía almacenada dentro del núcleo del átomo; Esta puede ser liberada con un reactor nuclear o por desintegración radiactiva.

Enriquecimiento: La etapa del ciclo del uranio de reactores de agua ligera donde se aumenta artificialmente la concentración en el uranio natural del isótopo fisiónable.

Evacuación: Colocación de desechos en un depositario o en un lugar determinado, sin efluentes gaseosos y líquidos al medio ambiente.

Fisión Nuclear: La fragmentación de un núcleo pesado provocado bajo ciertas condiciones por un neutrón, que da como resultado la formación de dos o más núcleos nuevos que se separan a gran velocidad, y la liberación de energía aparece en forma de calor.

Fragmentos de fisión: Los núcleos nuevos de masa mediana que se forman por cada fisión nuclear.

Irradiación externa: Una forma en que la radiación alcanza al hombre al situarse en la trayectoria de la radiación emitida por sustancias radiactivas.

Isótopo: Los átomos del mismo elemento que difieren entre ellos por el distinto número de neutrones.

Isótopo estable: Los átomos del mismo elemento que están en algún estado energético en equilibrio.

Isótopo radiactivo: El isótopo de un elemento en un estado energéticamente inestable, que se estabilizará espontáneamente emitiendo radiación.

Masa atómica: La suma de las masas de los constituyentes del átomo expresados en unidades atómicas de masa y simbolizadas por la letra A.

Masa atómica: La suma de las masas de los constituyentes del átomo expresados en unidades atómicas de masa y simbolizadas por la letra A.

Material radiactivo: El que emite radiación de cualquier tipo.

Moderador: El material usado en los reactores térmicos para frenar los neutrones, con el objeto de aumentar la probabilidad de fisión.

Neutrón: Una partícula fundamental de la materia que tiene una masa aproximadamente de la del protón y carga eléctrica nula.

Núcleo: La parte central de un átomo cargado positivamente, donde está concentrado casi toda su masa.

Núcleo del Reactor: Aquella parte del reactor donde se encuentran los elementos combustibles y normalmente el moderador.

Plutonio, Pu: Elemento radiactivo metálico cuyo isótopo 239 es fisiónable y se produce a partir de la irradiación neutrónica del uranio 238.

Presurizador: El dispositivo del sistema de enfriamiento de un reactor para mantener la presión de operación requerida.

Productos de fisión: Los núcleos nuevos que forman al fisionarse los núcleos del combustible y generalmente son muy radiactivos.

Protón: La partícula fundamental nuclear cargada positivamente, con masa similar al neutrón.

Radiación: La emanación de partículas atómicas o fotones electromagnéticos de una fuente que puede ser un material natural o artificial.

Radiactividad: El mecanismo de desintegración espontánea de ciertos isótopos que hace patente por la emanación de partículas atómicas y/o electrones magnéticos.

Reactor de agua a presión (PWR): Reactor de agua ligera en el cual el refrigerante primario se mantiene a suficiente presión para impedir su ebullición. El vapor que impulsa la turbina se produce en un circuito cerrado.

Reactor de agua en ebullición: Reactor de agua ligera, en el cual el refrigerante se convierte en vapor, dentro de la vasija de presión del reactor para impulsar una turbina generadora de electricidad.

Reactor de agua ligera: Reactor térmico que utiliza agua como moderador y refrigerante y uranio enriquecido como combustible.

Reelaboración de combustible (Retratamiento), Planta de: Planta en la que se disuelven los elementos combustibles irradiados, se eliminan los materiales de desecho y se separan los materiales ionizables.

Refrigerante: Fluido, líquido utilizado para eliminar calor del núcleo del reactor.

Rems: Unidad de dosis equivalente de radiación, 1 rem

Roca hospedante: Forma geológica en la que está situado un repositorio.

Sievert (Sv): Unidad SI de dosis equivalente de radiación. Esta unidad sustituye a la que se usaba anteriormente, el rem. 1Sv = 100 rem.

Vaina: Capa exterior de material que rodea directamente al combustible nuclear, u otro material que proporciona protección con respecto a un medio reactivo químicamente, y contención de los materiales radiactivos producidos durante la irradiación. También puede proporcionar apoyo estructural.

Vasija: El recipiente a presión que contiene normalmente el núcleo del reactor. Usualmente da cabida al moderador refrigerante y sostiene

el mecanismo de las barras de control que entran al núcleo a través de ellos.

Vitrificación: Transformación de un material en vidrio o en otra sustancia parecida al vidrio.

BIBLIOGRAFIA

1. AEC, Management of Radioactive Wasles, USAEC, 1960, 360. p.
2. Appraisal An, Atomic Power, Atomic Energy in Economic Development, ed. Pergamon Press, N.V., 300 p.
3. Alien Weinberg, Una Reflexión en torno a Chernóbil, Contextos, Año 4 # 14, 1987.
4. Barros James, Contaminación y Derecho Internacional, ed. Marymar, B.A. Argentina, 550 p.
5. Bulletin The Atomic Scientist, Noviembre 1986.
6. CFE, ¿Qué es La Central Nucleoelectrica de Laguna Verde? Impresora ediciones, México 1987.
7. CEA, La role de L'energie nucléaire, 20 p.
8. CFE, Plan de Emergencia Radiológico Externo, Impreso Ediciones, 1987.
9. Commissariat a l'energie atomique, Notes d'information, mai-jun 1987, # 3.
10. CEA, Reuve Generale Nucleaire, Nov.-Dec. 1980, # 6.
11. Chichen Donal John, Nuclear Power Herard Control Policy, ed. Pergamon Press, N.V., 300 p.
12. Contextos, Año 4 # 69, agosto 1986.
13. De los Santos Lasurtegui Alfonso, Problemas Jurldicos de la Energia Atómica, ed. Jean, Madrid, 1964. 258 p.

14. De los Santos Lasurtegui, Alfonso. Problemas Jurídicos de la Energía Atómica, Valera, Madrid 1964, 225 p.
15. Desse David, Energía Nuclear y Derechos Radiactivos.
16. E. William Colzaier Jr. The politics of Nuclear Waste., ed. Pergamon Press, N.Y., 1987, 750 p.
17. El Pequeño Larouse de Ciencias y Técnicas, Temas de Galean Mingo, ed. Larouse, 1979.
18. Evereit James, Marwah Onkars, Nuclear Power in Developing Countries. Lesington Books, 1982, 372 p.
19. Esteban Bolea Ma. Teresa. Impacto Ambiental de Centrales Nucleares. Cuadernos del CIFRA, Madrid, 1970, 123 p.
20. Enciclopedia Técnica Científica.
21. Enciclopedia de Relaciones Internacionales.
22. Expansión, julio 9, 1980.
23. Friedmann Wolfgang, La Nueva Estructura del Derecho Internacional.
24. García y García Enrique. Los reactores nucleares y la producción de electricidad. Ed. Mexicana, México 1964, 180 p.
25. Gohron Polfrey, Legal aspects of the Nuclear Power. ed. Mc Graw Hill, Series Nuclears Engineering RTN, 1968, 256 p.
26. Herstaard Mark, Nuclear Inc. Pantheon Books, N.Y., 350 p.
27. Hughes Donald James, Sobre Energía Nuclear, ed. Reverte, 307 p.
28. ININ. Laguna Verde, recopilación hemerográfica. ININ.
29. IEEE, Spectrum, Noviembre de 1979, IEEE.

30. IEEE, Spectrum, Abril 1981, Institute of Electrical and electronic engineers Inc.
31. Khan Muir, Energy Needs in Developing countries.
32. Klineberg Otto. Social implications of the peaceful uses of nuclear energy, UNESCO, Belgium, 1984, 160 p.
33. Kramish Arnold, El átomo pacífico en la política internacional. ed. Limusa-Wiley, S.A. México, 1986, 422 p.
34. Kruse H., Legal aspects of the Peaceful utilization of atomic energy.
35. La Jornada, Septiembre 24, 1987, Diálogo entre autoridades de Laguna Verde y Ecologistas.
36. Michael R., Gonigle M. and Zacher W. Marik, Pollution Politics and International Law, Tankers of the Sea. Publisher Press, 1979, 394 p.
37. Morales Amado Arnulfo. Energía Nuclear, La seguridad, los reactores nucleares y el CIN del ININ. Serie de divulgación, México, 29 p.
38. Novosti, La lección de Chernóbil, Novosti, 1987.
39. OIEA, Boletín de Aniversario, Volumen 19 # 4, agosto 1977, 60 p.
40. OIEA, Boletín primavera 1985, vol. 27 # 1.
41. OIEA, Boletín Vol. 27 # 2, año 1985.
42. OIEA, Boletín Vol. 28 # 2, año 1985.
43. OIEA, Boletín Vol. 28 # 2, año 1986.
44. OIEA, Boletín Vol. 28 # 4, año 1986.
45. OIEA, Boletín Vol. 28 # 5, año 1986.
46. OIEA, Boletín Vol. 27 # 3, año 1985.

47. OIEA, Boletín Vol. 28 # 8, año 1986.
48. OIEA, Documento INFIRC/118/Septiembre 28, 1968.
49. OIEA, Documento INFIRC/336/18 de noviembre 1986.
50. OIEA, Documento INFIRC/335/18 de noviembre 1986.
51. OIEA, Documento INFIRC.
52. OIEA, GOV/QR 683 Enero 1988.
53. OIEA, Colección Seguridad # 50-SC-06, Viena, 1980.
54. OIEA, Colección Seguridad # 50-SG-QAT-OIEA, 1984.
55. OIEA, Colección Seguridad # 50-C-D, OIEA, Viena 1979.
56. OIEA, Colección Seguridad # 50-C, OIEA, Viena, 1979.
57. OIEA, GOV/INF/154, 28 enero de 1988.
58. OIEA, CG/XXXI/REG/476, 8 de octubre de 1987.
59. OIEA, Colección de Seguridad # 50-SG-09, OIEA, Viena 1986.
60. OIEA, Colección Seguridad # 50-SG-05, OIEA, 1984.
61. OIEA, GOV/2292, 12 de mayo de 1987.
62. OIEA, La Energía Nucleoeléctrica, el medio ambiente y el hombre, marzo 1985, 52 p.
63. OIEA, La Energía Nucleoeléctrica, el medio ambiente y el hombre, Viena, 1964, 220 p.
64. OIEA, Las Salvaguardias y la no Proliferación de Armas Nucleares. Julio 1985.
65. OIEA, Los isótopos en la vida cotidiana, OIEA, Viena, Junio 1984, 36 p.

66. OIEA, Safety Sense # 75, INSAG # 1, (International Nuclear Safety Advisory Group).
67. Patterson Walter C. La Energía Nuclear, Ed. Orbis, S.A., 350 p.
68. Pérez Ochoa Angel. El uso pacífico de la Energía Nuclear y la No Proliferación de las Armas Nucleares, Acañán, 1986.
69. Shury Marosh. Aspectos Económicos de la Energía Nuclear, ed. FCE. México, 1952, 340 p.
70. Tiempo. "Laguna Verde", por Víctor M. García, Mayo 26, 1987. No. 2350.
71. Tiempo. "Laguna Verde segura y su personal capacitado", 28 de Septiembre de 1987.
72. Time, Chernobyl, Moscow's Startling Report, September 1, 1986, # 35.
73. Treviño Roberto, Ortiz José Raúl. Efectos Ambientales producidos por la Planta Nuclear Laguna Verde, CNSNS, 1987, (fotocopias).
74. USAEC, Plowshare, USAEC, 1981.
75. USAEC, Nuclear Plants in United States, USAEC, 1981.
76. USAEC, Nuclear Waste, USAEC, 1981.
77. Vez Carmona María de Lourdes, Consideraciones Jurídicas y la Legislación Nuclear Mexicana, Escuela Libre de Derecho, 1984.
78. Wilkinson Max y Fishlock David. Una precipitación nuclear prolongada y perdurable, Contextos, Año 4 # 14, 1987.
79. Wilson Richard, Jones J. William. Energy, Ecology and the Environment, Academic Press Inc., Lond., LTD, N.Y., 351 p.
80. Vager Joseph. Cooperación Internacional. ed. Traterna, S.A., B.A. Argentina, 1981, 250 p.

Legislación Internacional

- *Tratado de Tlatelolco, Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina, 1967.*
- *Conferencia sobre la prevención de la Contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, 1973.*
- *OIEA, Estatuto del Organismo, OIEA, 1956.*
- *Conferencia Jurídica Internacional sobre el Transporte Marítimo de sustancias nucleares, 1971.*

Legislación Nacional

- *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.*
- *Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia nuclear de 1985.*
- *Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares del 31 de diciembre de 1974.*
- *Diario Oficial de la Federación del 25 de julio de 1973.*
- *Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, Poder Ejecutivo Federal.*
- *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.*