

5. Prospectiva del uso de la energía nuclear como fuente de energía alterna para generar electricidad para México.

A lo largo de este estudio se ha mencionado que la energía nuclear es una fuente importante de energía eléctrica en muchos países, que en algunos casos representa una pequeña proporción de la producción de energía eléctrica y en otros casos representa la amplia mayoría. Se hizo mención a su vez de las enormes ventajas y desventajas de este tipo de energía, las cuales dan un sentimiento de esperanza pero a su vez también de precaución para propiciar su penetración en la generación eléctrica nacional.

En el caso que nos atañe, no se ha dado a conocer en ningún medio de comunicación la intención formal por parte del gobierno actual de construir una nueva planta nuclear o de tener planes de hacerlo en el largo plazo, sólo se escucharon pequeños reclamos por parte de algunos senadores en los debates por la reforma energética y tibias insinuaciones por parte de la SENER, que por lo visto mantiene otras prioridades.

La generación eléctrica nacional se enfrenta al reto de conseguir cubrir la demanda prevista de energía en los próximos años a la vez que debe encontrar soluciones para los problemas del impacto ambiental producido por las emisiones de gases relacionados con el efecto invernadero. Esto hace necesario contemplar un escenario futuro donde las diferentes opciones tecnológicas existentes para generar electricidad sean evaluadas en función de sus posibilidades para garantizar el suministro esperado, su contribución a la diversificación de las fuentes de suministro y la disminución de la dependencia a los combustibles fósiles, su competitividad económica y sus efectos medioambientales, contribuyendo así al desarrollo de una estrategia energética global.

Es por esto que se debe desarrollar una prospectiva del uso de la energía nuclear en México de manera inmediata para satisfacer el inminente incremento en la demanda de energía, identificando que su uso debe de ser temporal debido a los riesgos que este tipo de energía representa y a las oportunidades que presenta la fusión, la industria del hidrógeno y las energías renovables.

Prospectiva estratégica

En este capítulo se realiza una prospectiva con un enfoque estratégico tomando como guía la teoría descrita en el capítulo anterior, esta prospectiva se realiza con el fin de desarrollar tecnológicamente los aspectos inherentes a la energía nuclear en nuestro país, en el horizonte de los próximos 5 a 30 años, identificando cuales serán las tecnologías, áreas científicas y sociales que deben de considerarse en el ámbito nacional con carácter prioritario.

Planeación estratégica

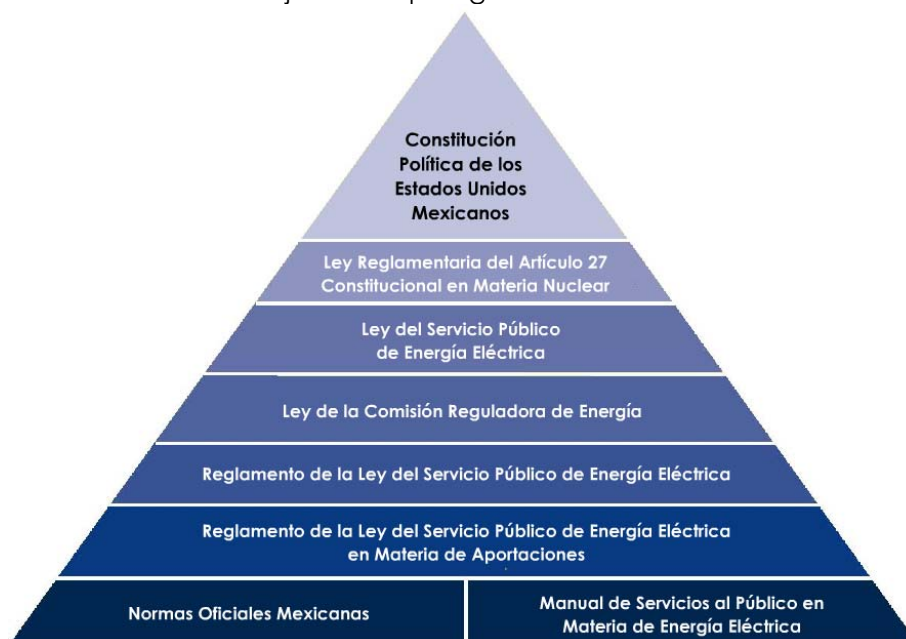
Resulta conveniente, adelantando los resultados del estudio que más adelante se desarrollará, establecer claramente el marco legal y organizacional que sustenta al Sector energético nacional.

Marco regulatorio del sector eléctrico

Estructura del marco regulatorio del sector eléctrico

Los ordenamientos jurídicos que rigen las actividades reguladas del sector eléctrico están supeditados a la Constitución, y la estructura con relación a éstos se ilustra a continuación.

Figura 44. Ordenamientos jurídicos que rigen las actividades del sector eléctrico.



FUENTE: Comisión Reguladora de Energía.

Adicionalmente a estos ordenamientos, el marco regulatorio cuenta con instrumentos de regulación que establecen los lineamientos y los mecanismos de interrelación entre los particulares y suministradores del servicio público.

Marco Constitucional

Las disposiciones constitucionales aplicables al sector eléctrico, se encuentran fundamentalmente consignadas en los artículos 25, 27 y 28 de nuestra Carta Magna.

De acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 25, en sus párrafos primero, segundo y cuarto, “corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución”.²¹²

“El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución...”²¹³

Asimismo, establece que el sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el Artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, “...manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos que en su caso se establezcan”.

Conforme a lo establecido en el artículo 27, corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.

El Artículo 28, párrafo cuarto, precisa que no constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las áreas estratégicas que se determinan en dicho artículo, entre las que se encuentra la electricidad.

Este precepto también establece que el Estado lleva a cabo estas actividades estratégicas, a través de organismos y empresas que requiera para su eficaz manejo.

212 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

213 Ídem.

Tratados Internacionales

Debe hacerse mención de los Tratados Internacionales sobre Energía Nuclear de los que México forma parte y que son Ley Mexicana según lo dispone el Artículo 133 Constitucional:

- Estatuto de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).
- Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina, reconocido como el Tratado de Tlatelolco.
- Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares.
- Acuerdo entre los Estados Unidos Mexicanos y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de Salvaguardas en relación con el Tratado para la Proscripción de las armas Nucleares en la América Latina y el Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares.

La Constitución Mexicana proclama que la energía nuclear solo será utilizada con fines pacíficos y esto es reiterado en el Acta de Actividades Nucleares de 1984.

México ratificó el tratado de No-Proliferación Nuclear en 1969 y el Protocolo Adicional en 2004. También es parte de la Convención para la Protección Física del Material Nuclear, ratificado en 1988. México es depositario del Tratado para la Prohibición de Armas Nucleares en América Latina (El Tratado de Tlatelolco) y ha sido parte del Tratado desde 1967.

Ley reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear

En materia nuclear el Artículo 27 Constitucional establece la exclusividad de la nación en el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y la regulación de sus aplicaciones con otros propósitos y determina que la energía nuclear solo podrá utilizarse con fines pacíficos.

Al respecto, el marco jurídico en materia nuclear está definido por:

- *Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia nuclear*
- *Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares*

Respecto a la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear proclamada por el Expresidente de la República Miguel de la Madrid H., el 4 de febrero de 1985, y reformada el día 23 de enero de 1998, da cuenta de cincuenta y dos artículos a lo largo de seis capítulos, cuyos temas centrales son la Exploración, Explotación y Beneficios de Minerales Radiactivos, La Industria Nuclear, La Seguridad Nuclear, Radiológica y Física, y las Salvaguardias, El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

Cuadro 6. Extracto de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear.²¹⁴

“Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear”

CAPÍTULO I Disposiciones Generales

ARTÍCULO 1º.- La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y regula la exploración, la explotación y el beneficio de minerales radiactivos, así como el aprovechamiento de los combustibles nucleares, los usos de la energía nuclear, la investigación de la ciencia y técnicas nucleares, la industria nuclear y todo lo relacionado con la misma.

Las disposiciones de esta Ley son de orden público y de observancia en toda la República.

ARTÍCULO 2º.- El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos en cumplimiento de lo establecido en el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El Ejecutivo Federal dictará las disposiciones reglamentarias a que se sujetará el uso tanto energético como no energético de los materiales radiactivos...”

Es en el acta de 1984 de Actividades Nucleares donde se declara que el gobierno mexicano, a través de la Secretaría de Energía, es responsable por el establecimiento de la infraestructura para el uso y desarrollo de la energía nuclear y la tecnología nuclear.

Ordenamientos legales

Por su parte, los principales ordenamientos legales²¹⁵ que regulan la prestación del servicio público de energía eléctrica son:

- *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, que es el ordenamiento principal de esta materia, la cual regula propiamente la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como la organización y funcionamiento de la CFE, constituyéndose en su ley orgánica
- *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal*, por cuanto se refiere a la asignación de facultades de las secretarías de Estado particularmente a la Secretaría de Energía y el reconocimiento y ubicación estructural de las entidades paraestatales.
- *Ley de la Comisión Reguladora de Energía*, que regula las actividades y organización de dicha comisión así como sus facultades.

²¹⁴ Ibídem 184.

²¹⁵ Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017, SENER 2008, México. Pág. 51.

- La *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica* (LSPEE), publicada en 1975 y reformada por última vez en 1993, establece las disposiciones que regulan la generación, conducción, transformación, distribución y abastecimiento de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público.

Normas Oficiales Mexicanas en materia Nuclear²¹⁶

- **NOM-001-NUCL-1994.** Factores para el cálculo del equivalente de dosis
- **NOM-002-NUCL-2004.** Pruebas de fuga y hermeticidad de fuentes selladas
- **NOM-003-NUCL-1994.** Clasificación de instalaciones o laboratorios que utilizan fuentes abiertas.
- **NOM-004-NUCL-1994.** Clasificación de los desechos radiactivos
- **NOM-005-NUCL-1994.** Límites anuales de incorporación (LAI) y concentraciones derivadas en aire (CDA) de radionúclidos para el personal ocupacionalmente expuesto.
- **NOM-006-NUCL-1994.** Criterios para la aplicación de los límites anuales de incorporación para grupos críticos del público.
- **NOM-008-NUCL-2003.** Control de la contaminación radiactiva.
- **NOM-012-NUCL-2002.** Requerimientos y calibración de monitores de radiación ionizantes. (Aclaración a la NOM-012-NUCL-2002, publicada en el D. O. F. del 15 de agosto de 2002).
- **NOM-018-NUCL-1995.** Métodos para determinar la concentración de actividad y actividad total en los bultos de desechos radiactivos.
- **NOM-019-NUCL-1995.** Requerimientos para bultos de desechos radiactivos de nivel bajo para su almacenamiento definitivo cerca de la superficie.
- **NOM-020-NUCL-1995.** Requerimientos para instalaciones de incineración de desechos radiactivos.
- **NOM-021-NUCL-1996.** Requerimiento para las pruebas de lixiviación para especímenes de desechos radiactivos solidificados.
- **NOM-022/1-NUCL-1996.** Requerimientos para una instalación para el almacenamiento definitivo de desechos radiactivos de nivel bajo cerca de la superficie Parte 1. Sitio.

²¹⁶ SENER. Seguridad Nuclear. <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=23>. Consultada el 3 de Mayo del 2009.

Órgano Regulador

En lo concerniente al sector eléctrico, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) es el órgano regulador y tiene por objeto promover el desarrollo eficiente de las siguientes actividades:

- Suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
- Generación, exportación e importación de energía eléctrica que realicen los particulares.
- Adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.
- Servicios de conducción, transformación y entrega de energía entre entidades que tienen a su cargo el servicio público, y entre éstas y los particulares.

Cuerpo regulador nuclear

La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) es un organismo que se encuentra bajo la autoridad de la Secretaría de Energía que toma el rol de regulador. La CNSNS es responsable por asegurar la aplicación apropiada de regulaciones y salvaguardas para la seguridad nuclear y radioactiva y por la protección física de instalaciones nucleares y radiológicas para asegurar así la seguridad pública.

Cuadro 7. Misión Visión y Objetivos de la CNSNS.

Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS)

Misión. Asegurar que las actividades en donde se involucren materiales nucleares, radiactivos y fuentes de radiación ionizante, se lleven al cabo exclusivamente con fines pacíficos y con la máxima seguridad para la población y el ambiente, considerando los desarrollos tecnológicos actuales.

Visión. Ser un órgano regulador con cabal autonomía en las decisiones técnicas, y de excelencia reconocida en el ámbito nacional e internacional, con base a la capacidad técnica y moral de su personal.

Objetivos

- Garantizar y mejorar el nivel de seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas.
- Mantener y mejorar la capacidad técnica de los recursos humanos y materiales de la CNSNS, para enfrentar los problemas presentes y futuros de seguridad.
- Asegurar que las decisiones técnicas de la CNSNS cuenten con la independencia y los atributos de calidad para garantizar la seguridad.
- Establecer una estructura organizacional y salarial flexible y moderna, con una gestión de recursos que permita regular la seguridad en el país, acorde con el desarrollo de la industria nuclear.
- Desarrollar la normativa nacional requerida por la evolución tecnológica de la industria nuclear.

FUENTE: CNSNS, Misión Y Visión. http://www.cnsns.gob.mx/acerca_de/mision.aspx. Consultada el 1 de Septiembre del 2009.

La CNSNS es también responsable por la revisión, evaluación y aprobación del criterio para diseñar, construir, operar y dismantelar instalaciones nucleares, proporcionando las regulaciones relevantes. Tiene el poder de conceder o suspender licencias para instalaciones nucleares, las cuales son avaladas por la CNSNS a través de la Secretaría de Energía.

La CNSNS se encuentra vinculada con la OIEA en lo referente a la seguridad nuclear y salvaguardas, se encuentra respaldada en las actividades de asesoría y servicios de evaluación que el Organismo lleva a cabo para ayudar a los Estados Miembros a identificar sus necesidades en materia de seguridad física, de asesoría técnica, de asistencia legal y de capacitación para la protección física de los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, incluyendo instalaciones nucleares.

Estructura organizacional de la Secretaría de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad

Secretaría de Energía. (SENER)

Las principales atribuciones de la SENER²¹⁷ en materia eléctrica (para la prestación del servicio público), son las siguientes:

- Autorizar los programas y aprobar las especificaciones de obras e instalaciones para generación, conducción y transformación de energía eléctrica.
- Determinar las necesidades de crecimiento o de sustitución de capacidad de generación.
- Determinar si las nuevas instalaciones serán ejecutadas por las entidades paraestatales o por particulares.
- Autorizar los programas y aprobar las especificaciones sobre obras e instalaciones necesarias en materia de distribución y abastecimiento de energía eléctrica.
- Participar en el ajuste, modificación o reestructura de las tarifas eléctricas que fija la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).
- Aprobar los lineamientos del presupuesto de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Aprobar las bases de licitación de nuevos proyectos de generación.

217 Acevedo, José Alberto. Estrategias para la Diversificación de Fuentes de Energía para Generación de Electricidad. SENER. 2005.

Cuadro 8. Misión Visión y Objetivos de la SENER.

Secretaría de Energía (SENER)

Misión. Conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional.

Visión. Una población con acceso pleno a los insumos energéticos, a precios competitivos; con empresas públicas y privadas de calidad mundial, operando dentro de un marco legal y regulatorio adecuado.

Con un firme impulso al uso eficiente de la energía y a la investigación y desarrollo tecnológicos; con amplia promoción del uso de fuentes alternativas de energía; y con seguridad de abasto.

Objetivos**CONTROL Y EVALUACIÓN:**

- Impulsar en la Secretaría la mejora continua de sus procesos administrativos y servicios públicos a través de la detección de áreas de oportunidad.
- Prevenir prácticas de corrupción e impunidad a través de la difusión de normas, el establecimiento de controles internos y de asesoría.

AUDITORÍA:

1. Detectar la corrupción a través de auditorías enfocadas a áreas sustantivas y proyectos relevantes.
2. Obtener en las auditorías resultados validos, significativos y debidamente fundamentados.

RESPONSABILIDADES:

1. Sustentar jurídicamente las presuntas responsabilidades.
2. Sancionar las conductas indebidas de los servidores públicos.
3. Promover el resarcimiento al estado, por los daños y perjuicios ocasionados.

FUENTE: SENER, Misión Y Visión. <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=62>. Consultada el 3 de Septiembre del 2009.

Comisión Federal de Electricidad. (CFE)

Las principales atribuciones de la CFE (para la prestación del servicio público), son las siguientes:

- Generar electricidad
- Transmitirla
- Distribuir la
- Comercializarla

Cuadro 9. Misión Visión y Objetivos de la CFE.

Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Misión. Asegurar, dentro de un marco de competencia y actualizado tecnológicamente, el servicio de energía eléctrica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada diversificación de fuentes de energía.

Optimizar la utilización de su infraestructura física, comercial y de recursos humanos.

Proporcionar una atención de excelencia a nuestros clientes.

Proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social y respetar los valores de las poblaciones donde se ubican las obras de electrificación.

Visión. Que la sociedad tenga plena confianza y credibilidad en la Comisión Federal de Electricidad, a través de una gestión eficaz, eficiente, honesta y transparente.

Objetivos

- Mantenernos como la empresa de energía eléctrica más importante a nivel nacional.
- Operar sobre las bases de indicadores internacionales en materia de productividad, competitividad y tecnología.
- Ser reconocida por nuestros usuarios como una empresa de excelencia que se preocupa por el medio ambiente, y está orientada al servicio al cliente.
- Elevar la productividad y optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores.

FUENTE: CFE, Misión, Visión y Objetivos. <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/misionyobjetivos/>. Consultada el 3 de Septiembre del 2009.

Modelo de los tres vectores detallado en el momento actual para las organizaciones responsables de la generación de energía nuclear

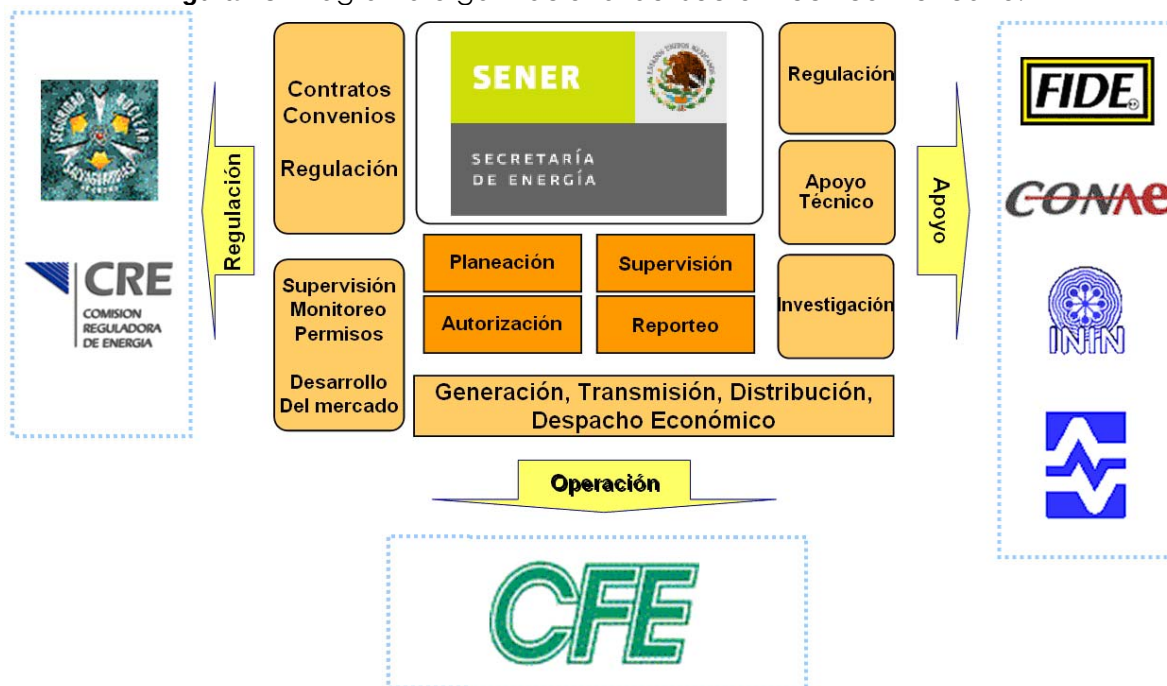
Vector Misión

En este momento la SENER tiene la misión de conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional.

En tanto que la misión de la CFE es la de asegurar, dentro de un marco de competencia y actualizado tecnológicamente, el servicio de energía eléctrica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada diversificación de fuentes de energía, así como el optimizar la utilización de su infraestructura física, comercial y de recursos humanos y proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social y respetar los valores de las poblaciones donde se ubican las obras de electrificación.

Vector Estructura Organizacional

Figura 45. Diagrama organizacional del Sector Eléctrico Mexicano.



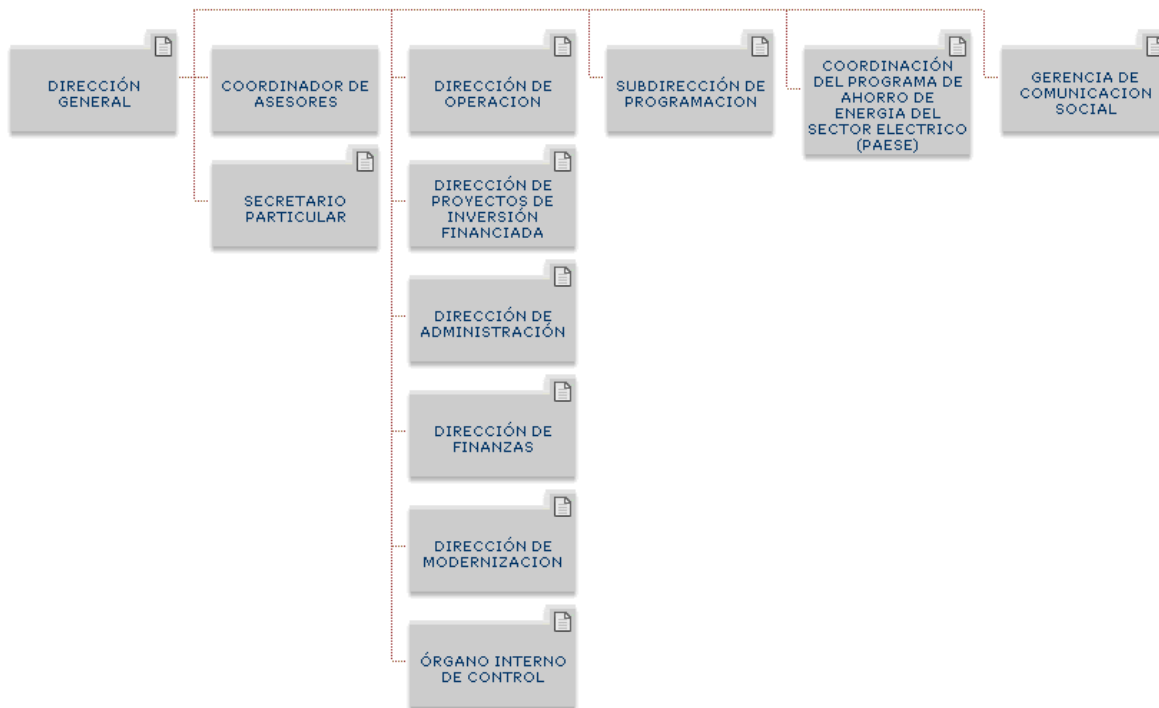
FUENTE: Reyes García, Fernando Enrique. Definir una estrategia de uso de la energía eólica para generar electricidad en México. FI-UNAM. 2007.

Figura 46. Estructura organizacional SENER.



FUENTE: Portal de obligaciones de Transparencia. IFAI. <http://portaltransparencia.gob.mx>. Consultado el 30 de Septiembre de 2009.

Figura 47 Estructura organizacional CFE.



FUENTE: CFE. Organigrama. <http://www.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/organigrama>. Consultado el 30 de Septiembre de 2009.

Como puede observarse la CFE se divide a nivel dirección en once secciones básicamente: operación, proyectos de inversión financiada, administración, finanzas, modernización y un órgano interno de control, es importante hacer notar la incorporación del programa para el ahorro de energía y de la gerencia de comunicación social, entidades ausentes en el esquema anterior.

En cuanto a la departamentalización de la organización, cada sección o dirección de la CFE, cuenta con subdirecciones (departamentos) relacionadas con cada aspecto perteneciente al área de especialización de cada dirección. Ambas organizaciones gubernamentales proclaman el contar con personal capacitado y con un adecuado grado de especialización en el área donde labora cada trabajador.

La CFE depende de la SENER, cualquier decisión importante sobre proyectos es tomada en conjunto, pero finalmente quien toma la decisión final es la SENER. Esto se debe a las atribuciones que esta última posee como son el autorizar los programas y aprobar las especificaciones sobre obras e instalaciones necesarias en materia de distribución y abastecimiento de energía eléctrica; a su vez esta entidad aprueba los lineamientos de los presupuestos de la CFE y aprueba las bases de licitación de los nuevos proyectos de generación.

Vector Tecnología

Tecnología de proceso

Se cuenta con el conocimiento básico adquirido a través de los años de experiencia en el uso de la planta nuclear Laguna Verde y a la labor de las diferentes organizaciones educativas en materia nuclear en el país.

Actualmente la generación bruta de electricidad, proviene en su mayoría de plantas de ciclo combinado, seguidas de cerca por las plantas termoeléctricas convencionales y plantas carboeléctricas, esto se debe a la política gubernamental de los últimos años que se ha enfocado en la repotenciación de plantas termoeléctricas antiguas, a modo ciclo combinado. La energía nuclear actualmente es el antepenúltimo proveedor de electricidad en nuestro país solo superando a las plantas geotérmicas y eólicas.

Tecnología de operación

Se cuenta con una plantilla de personal con experiencia de varios años en la operación de la planta nuclear Laguna Verde, así como de personal sin experiencia práctica que es capacitado en los simuladores propiedad de CFE.

Tecnología de equipo

En cuanto a la generación nuclear se cuenta con equipo relativamente antiguo, que se ha ido actualizando paulatinamente debido a las necesidades que se van presentando a medida que se continúa utilizando este tipo de tecnología. El único esbozo de planeación nuclear ha sido el contrato que firmó la CFE para repotenciar la planta de energía nuclear Laguna Verde.

En general el equipo utilizado en la generación eléctrica nacional es antiguo e inadecuado, en algunos casos se utilizan aparatos antiguos para realizar tareas que en la actualidad se llevan a cabo de manera electrónica y a distancia.²¹⁸

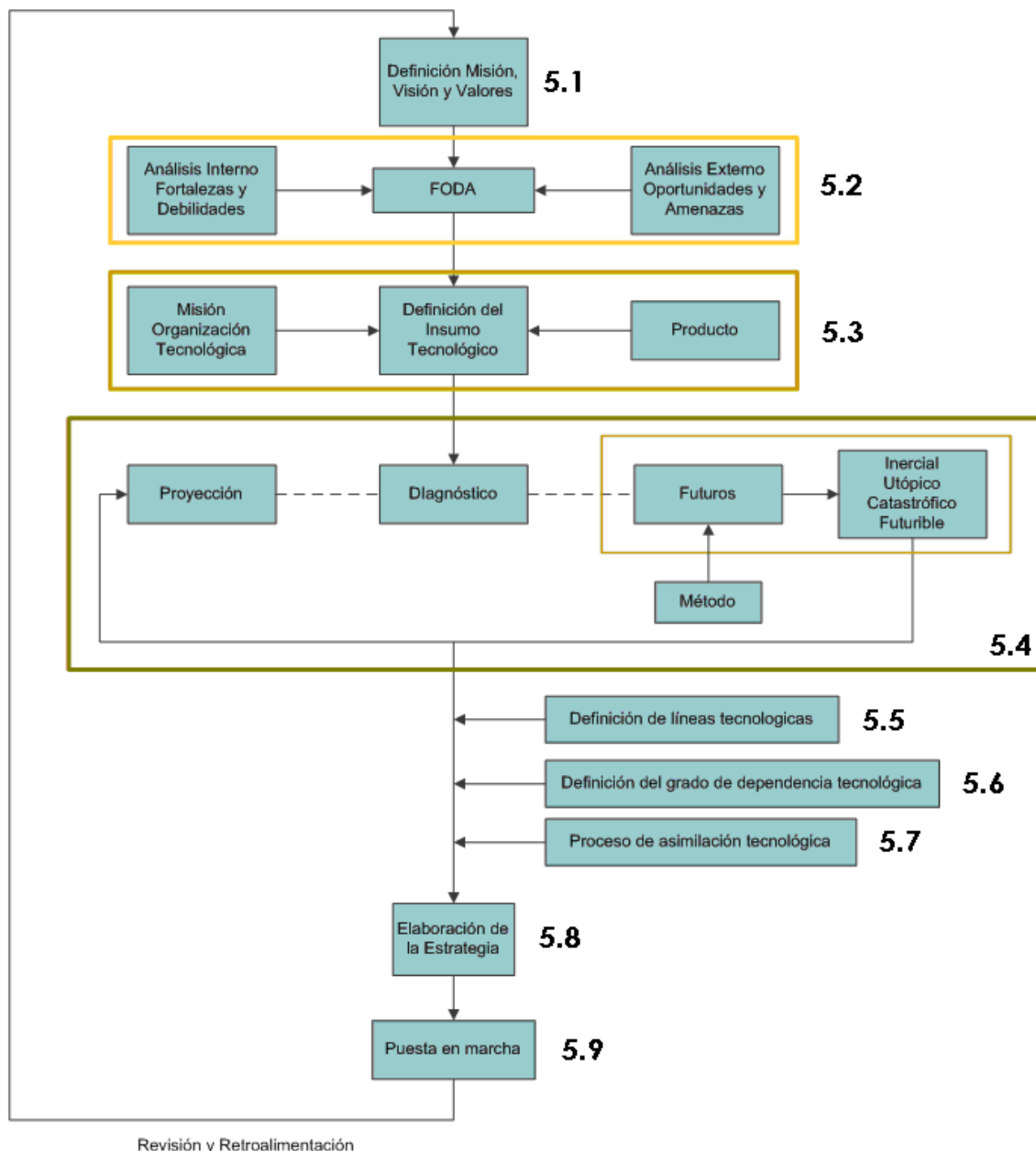
Por último la electricidad producida por CFE asegura el servicio eléctrico en cantidad y precio; aunque no asegura del todo ser amigable con el medio ambiente y promover el desarrollo social. Por otro lado, la calidad de la electricidad no es de excelencia, ya que existen demasiadas interrupciones y no todas las comunidades cuentan con la misma calidad en el servicio y en algunas ocasiones carecen de él; además, la sustentabilidad de este servicio depende de la diversificación en las fuentes de energía, lo cual aún no se logra, debido a la excesiva dependencia a los combustibles fósiles.

218 Reyes García, Fernando Enrique. Definir una estrategia de uso de la energía eólica para generar electricidad en México. FI-UNAM. 2007.

Prospectiva Estratégica

De acuerdo al modelo de los tres vectores ya definido (figura 39), así como al de la conformación de la estrategia, se procederá a cumplir con el objetivo del trabajo. Usando como referencia la figura 43, se presenta la siguiente figura en la cual se marcan los diferentes estados del proceso prospectivo, relacionados con la numeración correspondiente en este capítulo.

Figura 48. Proceso simplificado para una prospectiva estratégica con referencias.

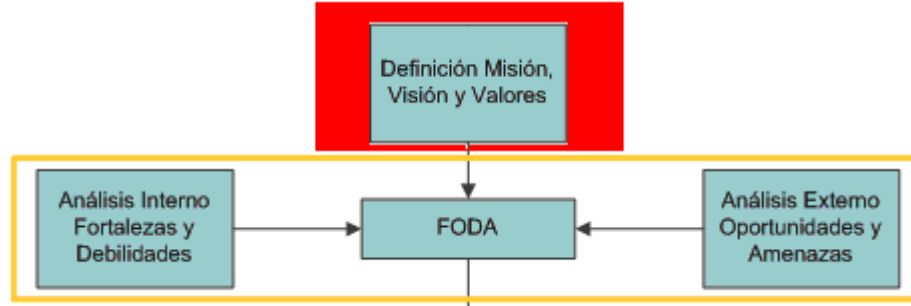


FUENTE: Pinilla Morán, Víctor Damián. *Prospectiva. Un enfoque estratégico*. FI-UNAM. 2009.

5.1 Misión, Visión y Objetivos.

Una vez definidas a grandes rasgos las características actuales de las organizaciones responsables de la generación de electricidad en México, es pertinente como primer paso en el proceso prospectivo el asumir una misión y una visión, así como el definir los valores que regirán el universo de decisiones a tomar en el desarrollo de la prospectiva propuesta.

Figura 49. Etapa actual del proceso: Definición de la Misión, Visión y Valores.



5.1.1 Misión.

Propiciar el uso de la energía nuclear para la generación de energía eléctrica, mediante un programa que establezca todas las consideraciones necesarias para su reintroducción, estableciendo políticas públicas para su potenciación en la matriz energética nacional.

5.1.2 Visión.

Que los mexicanos de esta generación y principalmente, los mexicanos de las próximas generaciones, puedan beneficiarse de los avances tecnológicos fruto de la penetración de la energía nuclear y puedan aprovechar en su totalidad las fuentes de energía renovables, con el fin de mitigar los efectos del cambio climático y contribuir al desarrollo económico y social del país, bajo criterios de sustentabilidad.

5.1.3 Valores.

- Honestidad: Se trabaja con honradez, dignidad, equidad, solidaridad y modestia.
- Profesionalismo: Se busca el mejoramiento continuo en calidad, actualización y desarrollo.
- Respeto: Por el medio ambiente, las instituciones y los procesos.

- Responsabilidad: Actitud de compromiso con las labores encomendadas, visualizando las mismas como parte de un engranaje mayor y como elementos claves para el éxito total del programa.

Además de la conformación de una misión, visión y valores, es necesario conocer todos los elementos que conforman el ambiente en el cual se desarrolla la CFE, Esta información se conoce a partir del desarrollo en un estudio FODA detallado a continuación.

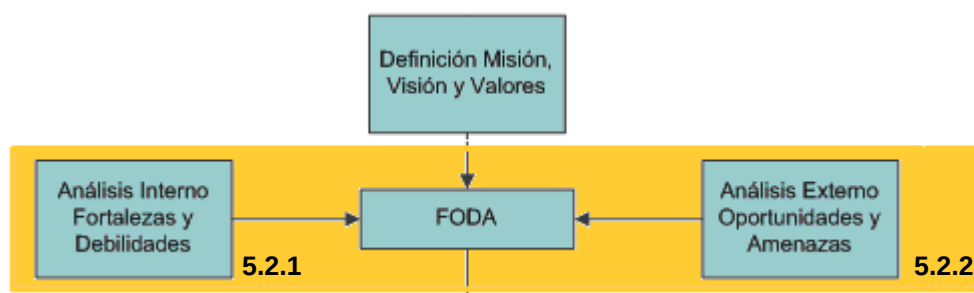
5.2 Análisis FODA.

Cuando las organizaciones realizan los procesos estratégicos ponen a disposición de los analistas tecnológicos toda la información pertinente y permiten la realización de ejercicios de planeación para detección de problemas que a su vez permitan la conformación de una matriz FODA.

En estos ejercicios debe haber participación activa y honesta de miembros de cada uno de los estratos de la organización (incluso externos a ella) que posean experiencia en su ámbito. Cada uno de estos participantes, expresan en forma clara y no ambigua las que consideran son fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades. A partir de esta información es factible a través de un diagrama clasificar y priorizar las respuestas logrando así los elementos necesarios para construir la matriz FODA.

En este caso, por la naturaleza del trabajo, y habiendo hecho las consultas necesarias, no resultó posible conjuntar un equipo con elementos de todos los sectores de la SENER y CFE, mucho menos con funcionarios de alto nivel. No obstante, la forma de subsanar esta situación fue que, a partir de la investigación documental que sustenta este trabajo, se realizó una clasificación y priorización de fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades que son citadas en la literatura consultada, procurando en todo momento balancear diferentes puntos de vista y tendencias de pensamiento.

Figura 50. Etapa actual del proceso: Análisis FODA.



5.2.1 Análisis interno (Fortalezas y Debilidades).

Los aspectos internos de la organización se obtienen al hacer un análisis del modelo de los tres vectores descrito en el capítulo cuatro; haciendo un análisis de sus fortalezas y debilidades, de este análisis se desprende el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Análisis interno CFE.

Fortalezas		Debilidades	
1	Es la única empresa encargada de generar electricidad en México.	1	Malas prácticas y corrupción
2	Posee una extensa infraestructura de generación, transmisión y distribución.	2	Severo envejecimiento de su infraestructura
3	Conoce el mercado donde se encuentra inmersa, en cuanto a características y funcionalidad.	3	Adolece de grandes pérdidas de energía, ya sea por robo o por el mismo deterioro de su infraestructura.
4	Cuenta con los recursos humanos necesarios para manejar los aspectos técnicos relacionados con la generación de energía eléctrica y algunos aspectos de la nuclear.	4	Ha tenido un escaso desarrollo tecnológico propio.
5	Tiene acceso a apoyos tecnológicos internacionales.	5	Desarrollo de una dependencia tecnológica extranjera.
6	Posee la posibilidad de intercambio de tecnología a nivel mundial con otras empresas por su participación en organismos nucleares internacionales.	6	Escasa vinculación escuela-industria.
		7	Extrema dependencia a los combustibles fósiles.

5.2.2 Análisis externo (Oportunidades y Amenazas).

Los elementos externos se obtienen al realizar un análisis del ambiente en el cual se desenvuelve la organización:

Legal

La CFE se encuentra supeditada a la SENER y a la legislación actual en materia nuclear, de la cual dentro de un panorama general puede decirse que contiene algunos avances como son, en primer término, el haber dividido la atención de asuntos nucleares en tres ramas. Aunque es susceptible de superación.

Científico

En este tema la CFE cuenta con el apoyo del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y los Institutos de educación Superior (IES), para realizar los avances en investigación y desarrollo en el área de la ciencia y tecnología nucleares y proporcionar servicios especializados y productos a la industria en general y a la rama médica en particular.

Económico

La CFE es una empresa paraestatal, lo cual implica que ésta depende de un presupuesto otorgado por el gobierno mexicano, así como de la recaudación de tarifas eléctricas. En materia de inversión, la legislación mexicana permite que el esfuerzo de inversión en proyectos energéticos sea compartido por los sectores público y privado. El sector privado puede participar en la construcción de plantas generadoras de electricidad bajo los esquemas de co-generación y el de los productores independientes de energía.

Existen dos maneras de financiamiento: a) financiamiento con base en los activos totales de cierta empresa (por ejemplo, la CFE), y b) financiamiento en base a un proyecto específico donde el financiamiento se estructura en base a los montos y la calidad de los flujos de efectivo asociados directamente con dicho proyecto. A esta última manera de financiar la inversión se le conoce como financiamiento de proyectos.²¹⁹

Social

La SENER en su carácter de cabeza del sector, está obligada a proveer de información veraz al público, acerca de los principios subyacentes detrás de la energía nuclear, lo cual no ha sucedido hasta ahora, la única información al alcance de la persona común son folletos informativos de Laguna Verde y algunos trípticos que intentan explicar al lector los peligros de la radiación, los cuales son editados por la CFE, lo cual refleja la poca atención que se le da a este tema en nuestro país.

Político

En el ámbito nacional, existe escaso apoyo por parte del gobierno para el desarrollo de la energía nuclear, debido a la mala reputación que ésta posee públicamente, esto desalienta a la CFE y a otros personajes políticos, para proponer nuevos proyectos de centrales nucleares.

Tecnológico

La CFE cuenta con personal capacitado para la operación de Laguna Verde (LV), a este respecto la CFE no cuenta con un plan de reemplazo del personal que se jubila y deja escapar de esta manera toda la experiencia en la operación de la central. En lo que respecta al instrumental la CFE posee dos reactores nucleares. En el año 2007, México obtuvo cerca de 10,421 GWh de la energía nuclear, cerca del 4.3% de los 243,522 GWh de electricidad usados en ese año.²²⁰

219 CFE. Financiamiento. <http://www.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/financiamiento>. Consultado el 30 de Septiembre de 2009.

220 *Ibidem* 187.

Tabla 20. Reactores que operan en México.

Reactores	Modelo	Potencia MW _e	Entró en operación
Laguna Verde 1	BWR	654	1990
Laguna Verde 2	BWR	654	1995
Total		1308	

FUENTE: IAEA 2003, *Country Nuclear Power Profiles*,

En febrero del 2007 la CFE firmó contratos con dos compañías españolas para la repotenciación y el acoplamiento de nuevas turbinas y generadores a la planta LV.

Cultural

La CFE se encuentra ante un gran reto en este aspecto, hay un gran nivel de desconfianza en el público en cuanto al tema nuclear, sobre todo por la desinformación que se ha generado en cuanto a los grandes accidentes acontecidos a lo largo de la historia de la generación de energía nuclear alrededor del mundo, tanto como en el manejo de los desperdicios radioactivos de bajo nivel producidos por la industria médica, ésta se traduce en un escaso apoyo por parte del gobierno, lo cual frena el desarrollo de este tipo de tecnología.

Cuadro 11. Análisis externo CFE.

Oportunidades		Amenazas	
1	A tiempo para desarrollar una mejor infraestructura legal, así como un mejor cuerpo regulador.	1	Incremento en la demanda de energía eléctrica.
2	Desarrollar una eficaz y fuerte vinculación escuela-industria.	2	Inminente agotamiento de reservas petroleras.
3	Reactivación económica o en su caso creación de un amplio rango de ámbitos relacionados con la energía nuclear.	3	Estancamiento económico debido a la falta de energía.
4	Percibir a la tecnología nuclear como una oportunidad de desarrollo tecnológico propio.	4	Entorno político incierto.
5	Considerar a la energía nuclear como una opción para luchar contra el cambio climático.	5	Cambio climático.
6	Mejorar y fortalecer las capacidades tecnológicas y formativas necesarias para la potenciación de la energía nuclear	7	Envejecimiento del recurso humano especializado en la teoría y en la práctica de la energía nuclear.
8	Aceptación pública de las tecnologías y sistemas utilizados en el aprovechamiento de la energía nuclear.	9	Brotos violentos de inconformidad social.

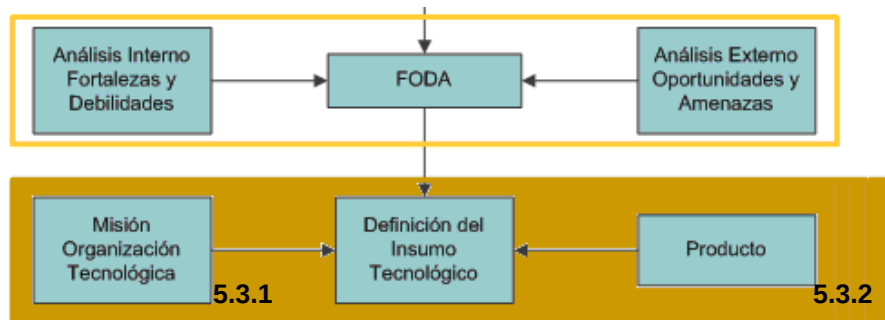
Cuadro 12. Matriz FODA.

		Oportunidades	Amenazas
Fortalezas 1 Es la única empresa encargada de generar electricidad en México. 2 Posee una extensa infraestructura de generación, transmisión y distribución. 3 Conoce el mercado donde se encuentra inmersa, en cuanto a características y funcionalidad. 4 Cuenta con los recursos humanos necesarios para manejar los aspectos técnicos relacionados con la generación de energía eléctrica y algunos aspectos de la nuclear. 5 Tiene acceso a apoyos tecnológicos internacionales. 6 Posee la posibilidad de intercambio de tecnología a nivel mundial con otras empresas por su participación en organismos nucleares internacionales.	Debilidades 1 Malas prácticas y corrupción. 2 Severo envejecimiento de su infraestructura física. 3 Adolece de grandes pérdidas de energía, ya sea por robo o por el mismo deterioro de su infraestructura. 4 Ha tenido un escaso desarrollo tecnológico propio. 5 Desarrollo de una dependencia tecnológica extranjera. 6 Escasa vinculación escuela-industria. 7 Extrema dependencia a los combustibles fósiles.	1 A tiempo para desarrollar una mejor infraestructura legal, así como un mejor cuerpo regulador. 2 Desarrollo eficaz de una fuerte vinculación escuela-industria. 3 Reactivación económica o en su caso creación de un amplio rango de ámbitos relacionados con la energía nuclear. 4 Percibir a la tecnología nuclear como una oportunidad de desarrollo tecnológico propio. 5 Considerar a la energía nuclear como una opción para luchar contra el cambio climático. 6 Mejorar y fortalecer las capacidades tecnológicas y formativas necesarias para la potenciación de la energía nuclear. 7 Aceptación pública de las tecnologías y sistemas utilizados en el aprovechamiento de la energía nuclear.	1 Incremento en la demanda de energía eléctrica. 2 Inminente agotamiento de reservas petroleras. 3 Estancamiento económico debido a la falta de energía. 4 Entorno político incierto. 5 Cambio climático. 6 Envejecimiento del recurso humano especializado en la teoría y en la práctica de la energía nuclear. 7 Brotes violentos de inconformidad social.
		ESTRATEGIAS FO • Adquisición de la aprobación pública y apoyo político para la utilización de la energía nuclear y las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares. • Desarrollo y actualización de un amplio marco legal. • Mantenimiento del cuerpo regulador y desarrollo de un sistema de licenciamiento y verificación que supervise de acuerdo a los estándares de protección y seguridad de la OIEA. • Provisión de un adecuado respaldo tecnológico, transferencia de la tecnología y adquisición de recursos humanos competentes para la administración de todos los aspectos del programa nuclear.	
		ESTRATEGIAS DA • Desarrollar un programa que cumpla con todos los aspectos técnicos relacionados con el Programa de Reintroducción de la Energía Nuclear (PREN). • Provisión de seguridad en el suministro de combustible. • Aplicación de instrumentos económicos y directivos para aumentar la competitividad económica de la energía nuclear.	

5.3 Definición del insumo tecnológico.

Los elementos que forman parte del insumo tecnológico son dos, externos e internos, el insumo tecnológico no es otra cosa que el proceso estratégico que se lleva a cabo para obtener un producto, la definición de estos elementos nos clarifica las condiciones que se deben de lograr para obtener el producto.

Figura 51. Etapa actual del proceso: Definición del insumo tecnológico.



Debido a que los elementos externos de la organización ya fueron descritos en el análisis FODA, es necesario que se estudien entonces los elementos internos de la organización, esto se logra a partir del análisis de los tres vectores que se presenta a continuación:

5.3.1 Elementos internos (Paquete tecnológico).

Primer vector: Misión

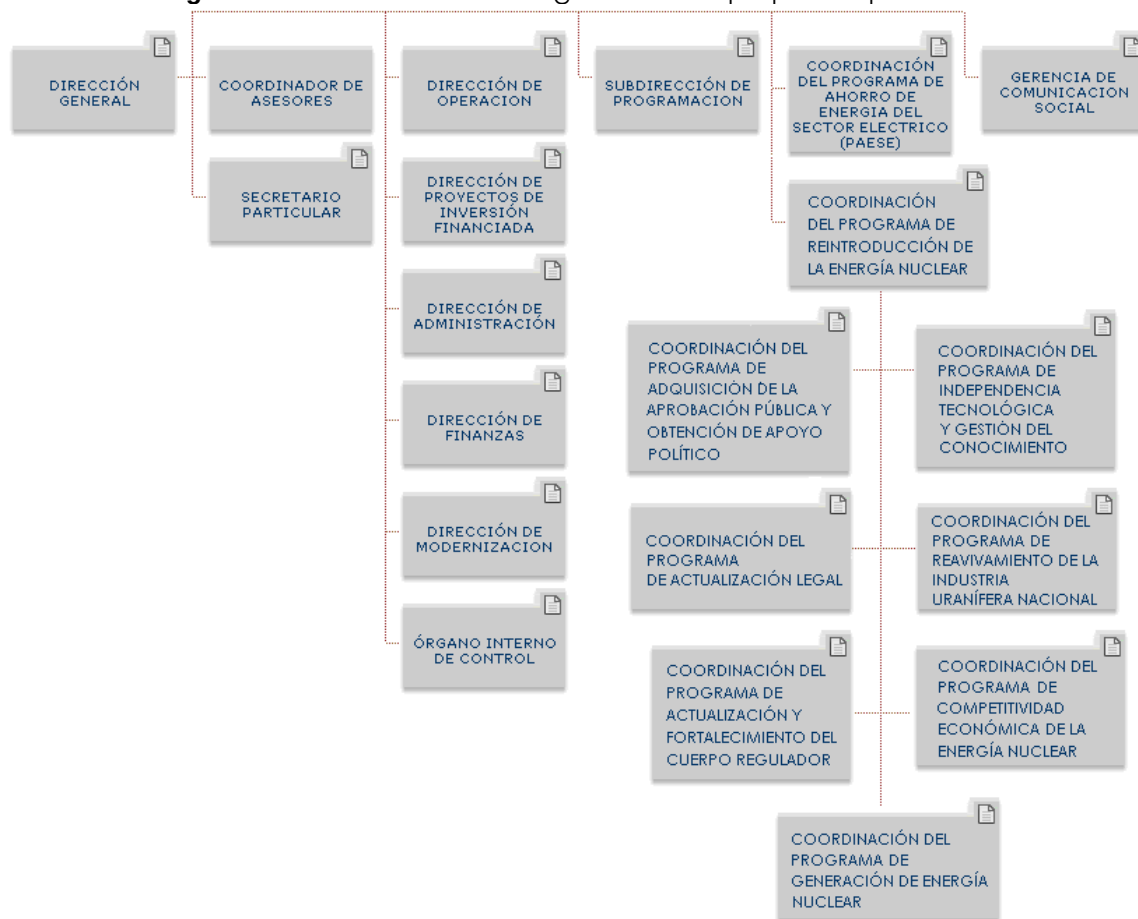
Propiciar el uso de la energía nuclear para la generación de energía eléctrica, mediante un programa que establezca todas las consideraciones necesarias para su reintroducción, estableciendo políticas públicas para su potenciación en la matriz energética nacional.

Segundo vector: Estructura organizacional

La estructura organizacional del sector eléctrico mexicano se mantiene de la misma forma en que se ilustra en la figura 45, y solo se propone una nueva estructura organizacional para la CFE, esta nueva estructura se basará prácticamente en la ya existente, es por esto que para la realización del Programa de Reintroducción de la Energía Nuclear (PREN), se incluirán una serie de coordinaciones como la Coordinación del programa de adquisición de la aprobación pública y obtención de apoyo político, la Coordinación del programa de actualización legal, la Coordinación del programa de actualización y fortalecimiento del cuerpo regulador, la Coordinación del programa de independencia tecnológica y gestión del conocimiento, la Coordinación del

programa de reavivamiento de la industria uranífera nacional, la Coordinación del programa de competitividad económica de la energía nuclear y por último la Coordinación del programa de generación de energía nuclear. En la siguiente figura se muestra la nueva estructura organizacional propuesta para la CFE.

Figura 52. Nueva estructura organizacional propuesta para CFE.



Los principales actores del programa nuclear son:

- **Gobierno (SENER)** - El cual es responsable de la política energética manejada, y en nuestro caso, del financiamiento.
- **Mercado** - El cual se forma por los clientes que solicitan electricidad de calidad a un precio justo.
- **Generador (CFE)** - El cual es en última instancia el responsable del desarrollo del programa completo.
- **Contratistas IPC** - Son compañías de ingeniería, procuración y construcción que son responsables ante el dueño en este caso el estado por la entrega de acuerdo con el esquema de construcción y el presupuesto.
- **Vendedores** - los cuales son los responsables por el abastecimiento del equipo y la tecnología ya sea al dueño o a los contratistas IPC de acuerdo con el esquema de construcción y el presupuesto.

- **Autoridad en seguridad (CNSNS)** - la cual es responsable de la protección de la seguridad pública y del medio ambiente, desde la etapa del diseño hasta la operación de la planta y el manejo del combustible.

Tercer vector: Tipo de tecnología

Tecnología de proceso

Existe la necesidad de tener acceso al conocimiento y experiencias nacionales e internacionales para respaldar a la CFE y a la CNSNS en áreas científicas como las neutrónicas, físicas, termohidráulicas y en las áreas técnicas como la protección de la radiación, manejo del desperdicio radioactivo, calidad en la administración, mantenimiento y manejo de refacciones.

La asistencia para la CNSNS para desarrollar los recursos humanos capaces de regular y monitorear la seguridad de la planta y la elaboración de una organización nuclear reguladora efectiva, competente e independiente puede ser proporcionada por el cuerpo regulador en el país de origen del proveedor u otros cuerpos reguladores, y complementado por la OIEA y otras organizaciones internacionales. Para la CFE se deben desarrollar contratos de transferencia de tecnología entre el vendedor y la compañía, asimismo se debe participar de manera activa con los organismos operadores internacionales para la provisión del apoyo mencionado.

El desarrollo de un programa académico nacional para la convocatoria y educación de los científicos, ingenieros y técnicos para respaldar la investigación técnica deberá ser desarrollado como parte del compromiso del desarrollo de las capacidades nacionales requeridas.

Tecnología de operación

Se necesitará desarrollar al personal requerido ante la implementación de nuevos reactores nucleares, la cantidad de personal requerido varía dependiendo del tipo de tecnología elegida, según estudios del ININ²²¹ se deben considerar cuatro aspectos, el diseño o desarrollo, la construcción y la operación, así como el desmantelamiento; por ejemplo, para un reactor ACR durante la etapa de diseño y construcción se necesitarán entre 1500 y 2000 plazas durante 60 meses y durante su operación 600 durante 60 años.

Tabla 21. Personal requerido por tipo de tecnología.

Concepto	Diseño y Construcción		Operación	
	No. De Plazas	Duración	No. De Plazas	Duración
ABWR	1500 a 2000	54 meses	375	60 años
ACR	1500 a 2000	60 meses	600	60 años
AP1000	1500	60 meses	200	60 años
EPR	2000	60 meses	200	60 años

FUENTE: *Dominion Study 2005.*

221 Palacios Hernández, Javier C. Prospectiva de la Generación Nucleoeléctrica en México. ININ. 2007.

Si hablamos de las disciplinas técnicas que se requiere desarrollar se pueden clasificar por su función.

Cuadro 13. Disciplinas técnicas requeridas por función a desarrollar.

Disciplina Técnica	Función
Mecánica, Eléctrica, Ingeniería Química, Física de Reactores Nucleares	-Operación directa. -Evaluación de ocurrencias anormales -Revisión de desempeño -Física de reactores -Administración de combustible
Radiaciones ionizantes	-Física de la Salud
Química o Ingeniería Química	-Manejo de combustible -Almacenamiento de combustible gastado -Administración de efluentes y desechos -Química
Ingeniería Mecánica o Ingeniería Eléctrica (Ingeniería Civil)	-Todas las funciones de mantenimiento -Planeación y Programación -Administración de partes de repuesto -Control de documentos -Garantía de calidad -Control de incendios y Seguridad Industrial

FUENTE: *Dominion Study 2005.*

Si se desglosa el personal requerido en sitio se puede decir que del total mínimo requerido, un 25% se requiere en la operación directa, un 40% en ingeniería y mantenimiento un 20% en Física de la salud, Química, Administración de efluentes y desechos y un 15% en otras fuentes de apoyo.

Además de la educación en ciencias, ingeniería y técnica, normalmente el personal relevante necesita de tres o más años de entrenamiento especializado y experiencia previa a la primera carga de combustible al reactor.

Tecnología de equipo

Muchos de los reactores disponibles actualmente para la compra y construcción son reactores enfriados por agua, para los cuales existe una significativa experiencia de operación alrededor del mundo. Estos son principalmente reactores presurizados de agua ligera (PWRs), reactores de agua hirviendo (BWRs), y reactores de agua pesada (HWRs). Se encuentran generalmente disponibles en capacidades de 1000 MW o de mayor potencia de salida. Reactores un poco más pequeños de 600-700 MW de salida se encuentran disponibles utilizando la tecnología de reactor en agua.

Para el PREN, se consideran reactores de tercera generación (GEN III+) de los cuales se considera se tiene considerable experiencia en operación, además de poseer ciertos rangos equiparables en cuanto a tiempo de construcción, desarrollo, y certificación del diseño, según estudios del ININ²²² se sugieren los siguientes reactores:

²²² Ibídem 193.

1. Reactor ABWR de la compañía General Electric
Potencia eléctrica neta de 1356 MW_e.
2. Reactor AP1000 de la compañía Westinghouse
Potencia eléctrica neta de 1000 MW_e.
3. Reactor EPR de la compañía AREVA
Potencia eléctrica neta de 1600 MW_e.
4. Reactor ACR de la compañía AECL
Potencia eléctrica neta de 1000 MW_e.

En el escenario utópico considerado en el PREN, éste debe ser capaz de suministrar a la matriz energética nacional el 35% de la capacidad de generación, hacia el año 2040. Por consideraciones que se explicarán más adelante se elige el reactor ACR de la compañía AECL, lo cual implicaría la construcción de un número bastante elevado de reactores en un muy corto tiempo. Para lograr este cometido se deben de identificar nuevos sitios de asentamiento para las nuevas plantas nucleares, así como el desarrollo de uno o varios sitios de depósito para los residuos radioactivos generados durante este período, que cumplan con todas las características de seguridad impuestas por la OIEA. Se debe también considerar el otorgamiento de una extensión de la vida útil de Laguna Verde a 60 años, y el desarrollo de la infraestructura de transmisión de la energía eléctrica, así como de las vías de comunicación del sitio de las nuevas plantas nucleares.

A medida que el programa avance será necesario desarrollar la infraestructura minera nacional, para aprovechar las reservas de uranio existentes en nuestro país.

5.3.2 Producto.

Las anteriores tres causas tienen como efecto al producto. El producto es entonces la consecuencia de los procesos, de la operación y del equipo utilizado. Estas tecnologías que se logran a través de la forma en que se constituye la organización, generan un producto.

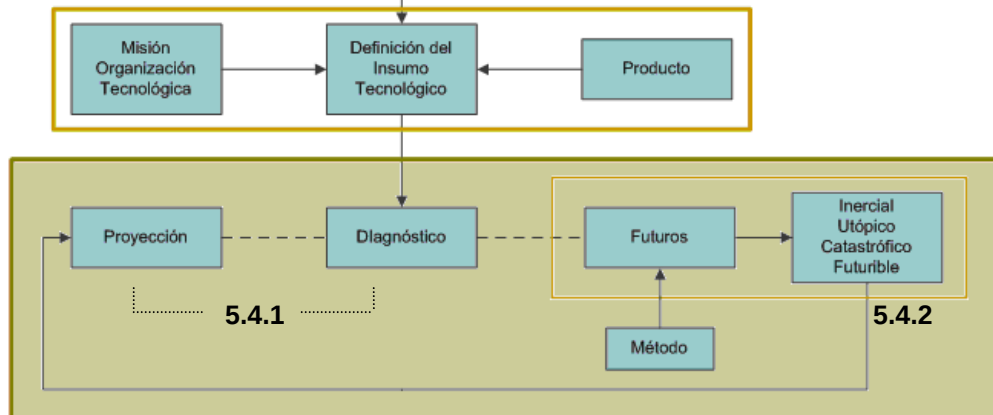
Cuadro 14. Características del producto.

Producto	Características	Indicador
Electricidad	Cantidad	Número de personas que no cuentan con el servicio.
	Calidad	Cantidad de interrupciones del servicio.
	Precio	Comparación del costo con otros países.
	Diversificación	Cantidad de proyectos puestos en marcha o en construcción.

5.4 Desarrollo de la prospectiva.

El siguiente paso en esta prospectiva estratégica es la definición de los escenarios estratégicos, para esto se decide utilizar el método de la técnica de escenarios.

Figura 53. Etapa actual del proceso: Desarrollo de la prospectiva.



Para la utilización de esta técnica es necesario el desarrollo de los elementos pertenecientes a la matriz prospectiva que se muestra en la tabla 19. Esta matriz consta de diferentes elementos, siendo el primero de éstos la definición de los indicadores de nuestro fenómeno, los cuales se definen en el siguiente apartado.

Indicadores

La estructuración del PREN requiere de la identificación y el entendimiento de varios riesgos asociados a un programa de esta magnitud y complejidad. Algunos riesgos son similares a los de cualquier otro proyecto energético; y otros son claramente únicos y propios de la energía nuclear. De acuerdo al proceso prospectivo, este programa deberá estar sujeto a una constante revisión y actualización mientras el programa progresa.

El programa nuclear, posee esquemas de largo plazo. Posee costos significativos de operación y mantenimiento, y costos relativamente bajos de combustible. Todo esto existe en un riguroso ambiente regulatorio donde el regulador supervisa activamente las operaciones de las plantas y tiene autoridad considerable para impactar la construcción de las unidades y las operaciones.

Las plantas nucleares están también sujetas al escrutinio público y sus inquietudes. Estas inquietudes frecuentemente se centran en cuestiones como el manejo del desperdicio nuclear a largo plazo y las consecuencias potenciales de un evento de seguridad de baja probabilidad. El siguiente cuadro enlista los riesgos asociados con el PREN.

Cuadro 15. Matriz de riesgos del PREN.

	Desarrollo	Construcción	Operación	Desmantelamiento
Científico y Técnico	▪ Evaluación regulatoria ▪ Conveniencia del sitio ▪ Impacto ambiental ▪ Aprobación de la planeación	▪ Seguridad ▪ Conclusión del diseño/cambios ▪ Evaluación regulatoria/aprobaciones ▪ Desempeño vendedor y contratista ▪ Cadena de suministro del equipo ▪ Mano de obra experimentada y capacitada ▪ Calidad de la construcción ▪ Rutas de transporte al sitio ▪ Agenda de la planta	▪ Seguridad ▪ Desempeño de la planta ▪ Mano de obra experimentada y capacitada ▪ Evento nuclear en alguna otra parte del mundo ▪ Evento nuclear ▪ Medio ambiente ▪ Cadena de suministro del combustible	▪ Seguridad ▪ Conclusión del diseño/cambios ▪ Evaluación regulatoria/aprobaciones ▪ Desempeño del contratista ▪ Cadena de suministro del equipo ▪ Mano de obra experimentada y capacitada ▪ Rutas de transporte al sitio
Económico y Legal	▪ Economía ▪ Pronóstico de la demanda ▪ Disposición del combustible utilizado y el desecho radioactivo	▪ Cambios en el diseño ▪ Retrasos	▪ Precio de la electricidad ▪ Mecanismo de cobro de emisiones ▪ Costos del combustible ▪ Adiciones al capital ▪ Clausura temprana ▪ Costo de la disposición del combustible gastado y el desecho radioactivo ▪ Desempeño del fondo para el desmantelamiento	▪ Fondo para el desmantelamiento
Social y Político	▪ Apoyo del público en general y aprobación local ▪ Política que apoye a la necesidad de la energía nuclear ▪ Política del manejo de los desechos ▪ Mecanismo de desmantelamiento y manejo de los desechos ▪ Política medioambiental			

FUENTE: Structuring Nuclear Projects for Success. WNA.

De la misma manera en que se sustentó la elaboración de las fortalezas y debilidades en el análisis FODA, la matriz de riesgos se sustenta en la documentación consultada sobre el tema nuclear.

El siguiente cuadro muestra los métodos o indicadores, con los cuales los riesgos del programa nuclear pueden ser monitoreados y/o controlados para satisfacer los riesgos enlistados en el cuadro anterior, así también se enlistan una serie de indicadores esenciales para el desarrollo del PREN.

Cuadro 16. Indicadores de control de riesgos, monitoreo y desarrollo del PREN.

	Desarrollo	Construcción	Operación	Desmantelamiento
Científico y Técnico	▪ Diseños internacionalmente aceptados ▪ Construcción en sitios nucleares existentes	▪ Desarrollo de arreglos contractuales para los actores involucrados ▪ Reclutamiento ▪ Recursos humanos y entrenamiento ▪ Inversión en transporte e infraestructura cerca del sitio ▪ Sólida administración del programa ▪ Experiencia de construcción previa ▪ Colaboración para la identificación de necesidades futuras, capacidades tecnológicas y asimilación de la tecnología.	▪ Participación en la WANO, INPO, etc... ▪ Inversión en nuevas instalaciones de combustible nuclear ▪ Invertir continuamente en el mantenimiento y mejoramiento de la planta ▪ Recursos humanos y entrenamiento	▪ Decidir una estrategia de desmantelamiento tan temprano como sea posible ▪ Desarrollo de alternativas para el manejo de los residuos radioactivos de alta actividad
Económico y Legal	▪ Construir casos de financiamiento basados en varios escenarios de demanda ▪ Actualización y fortalecimiento de la infraestructura legal ▪ Actualización y fortalecimiento del cuerpo regulador	▪ Apegarse a diseños estandarizados	▪ Desarrollar buenos contratos de combustible ▪ Internalización de los costos de desecho del CO₂	▪ Contribuir a una buena definición del fondo de desmantelamiento.
Cultural, Social y Político	▪ Debates público y audiencias ▪ Aceptación pública de las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares ▪ Obtener un pacto de apoyo político ▪ Enfatizar las ventajas medioambientales de la energía nuclear			

FUENTE: Structuring Nuclear projects for Success. WNA.

Definición de los indicadores

Desarrollo

Cuadro 17. Indicadores: desarrollo.

Científico y técnico			
Indicadores		Definición	Índice
DCT1	Diseños internacionalmente aceptados	Utilización de reactores nucleares cuyo diseño tenga aprobación internacional.	Utilización de este tipo de diseños.
DCT2	Construcción en sitios nucleares existentes	Valoración y enumeración de sitios nucleares idóneos así como de sus potencialidades.	Número de sitios propicios con capacidad para n plantas nucleares.

Económico y legal			
Indicadores		Definición	Índice
DEL1	Construir casos de financiamiento basados en varios escenarios de demanda	Construcción de casos de financiamiento y valoración de escenarios de demanda	Número de casos construidos.
DEL2	Actualización y fortalecimiento de la infraestructura legal	Actualización y fortalecimiento de los aspectos reguladores y de la legislación actual.	Número de revisiones, normas instauradas y reformas realizadas a la legislación nuclear actual.
DEL3	Actualización y fortalecimiento del cuerpo regulador	Actualización y fortalecimiento de mejores metodologías y aumento en el personal capacitado.	Número de programas de respaldo a la CNSNS y número de programas o redes de asistencia para desarrollar recursos humanos.

Construcción

Cuadro 18. Indicadores: construcción.

Cuarto 20 Indicadores: Construcción			
Indicadores		Definición	Índice
CCT1	Desarrollo de arreglos contractuales para los actores involucrados	Contratos celebrados en torno a fechas de entrega, respaldo tecnológico, y trasferencia de tecnología.	Número de contratos celebrados.
CCT2	Reclutamiento	Promoción del programa nuclear.	Número de conferencias y campañas de promoción
CCT3	Recursos humanos y entrenamiento	Desarrollo del personal que participará en la construcción, operación y desmantelamiento de las nuevas instalaciones nucleares.	Número de programas de respaldo y entrenamiento especializado al personal de la CFE.
CCT4	Inversión en transporte e infraestructura cerca del sitio	Inversión monetaria comprometida en comunicar los nuevos sitios nucleares, así como el desarrollo de la infraestructura eléctrica necesaria, de manera efectiva.	Monto de la inversión.

Continuación...

Científico y técnico			
Indicadores		Indicadores	Indicadores
CCT5	Sólida administración del programa	Contratación de personal de administración de calidad.	Número de evaluaciones aprobatorias realizadas al personal de administración contratado.
CCT6	Experiencia de construcción previa	Documentación de los proyectos realizados con anterioridad.	Documentación disponible de los proyectos realizados anteriormente.
CCT7	Colaboración para la identificación de necesidades futuras, capacidades tecnológicas y asimilación de la tecnología	Realización de contratos de transferencia de tecnología con el proveedor de la tecnología e inicio de programas de asimilación de la tecnología.	Número de contratos celebrados y programas emprendidos.

Económico y legal			
Indicadores		Definición	Índice
CEL1	Apegarse a diseños estandarizados	Utilización de diseños estandarizados de reactores	Ahorro en tiempo y dinero con la utilización de estos diseños.

Operación

Cuadro 19. Indicadores: operación.

Científico y técnico			
Indicadores		Definición	Índice
OCT1	Participación en la NEA, OIEA, WANO, INPO, etc.	Participación en organismos internacionales de investigación y desarrollo tecnológico, regulación y operación de plantas nucleoelectricas.	Número de programas en los que se participa activamente.
OCT2	Inversión en nuevas instalaciones de combustible nuclear	Inversión monetaria comprometida en este tipo de instalaciones.	Monto de la inversión.
OCT3	Invertir continuamente en el mantenimiento y mejoramiento de la planta	Inversión destinada al mantenimiento y/o modernización de las nuevas instalaciones nucleares.	Monto de la inversión.

Económico y legal			
Indicadores		Definición	Índice
OEL1	Desarrollar buenos contratos de combustible	Reserva contratada de combustible importado.	Número de contratos y reservas probadas.
OEL2	Internalización de los costos de desecho del CO ₂	Penalización aplicada a la emisión de CO ₂ en la generación de energía eléctrica.	Costo por unidad de CO ₂ liberado a la atmósfera

Desmantelamiento

Cuadro 20. Indicadores: desmantelamiento.

Científico y técnico			
Indicadores		Definición	Índice
DMCT1	Decidir una estrategia de desmantelamiento tan temprano como sea posible	Desarrollo de estrategias y planes para el desmantelamiento de las plantas.	Número de estrategias y planes para el desmantelamiento de las plantas.
DMCT2	Desarrollo de alternativas para el manejo de los residuos radioactivos de alta actividad	Desarrollo de alternativas para realizar distintas opciones de depósito y localización de posibles emplazamientos geológicos adecuados.	Número de alternativas e investigaciones para localizar posibles emplazamientos geológicos adecuados.

Económico y legal			
Indicadores		Definición	Índice
DMEL7	Contribuir a la buena definición del fondo según se requiera	Establecimiento de un fondo destinado a la clausura de la central y a una eventual clausura prematura..	Costo añadido al costo de capital de la planta.

Cultural, social y político

Cuadro 21. Indicadores: Cultural, social y político.

Cultural, social y político			
Indicadores		Definición	Índice
CSP1	Debates públicos y audiencias	Realización de actividades de debate sobre la energía nuclear para lograr la aceptación pública.	Número de debates y conferencias de consenso realizados entre el público, los expertos y el gobierno,
CSP2	Aceptación pública de las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares	Provisión de información al público.	Inversión en campañas de información adecuada.
CSP3	Obtener un pacto de apoyo político	Provisión de información a los actores involucrados enfatizando las ventajas de esta tecnología.	Número de programas emprendidos para proporcionar la información.
CSP4	Enfatizar las ventajas medioambientales de la energía nuclear	Enfatización de las ventajas medioambientales de la energía nuclear en las campañas de provisión de información al público y a los actores políticos involucrados.	Número de campañas de información enfocadas en los beneficios medioambientales de la energía nuclear con respecto a la generación por medio de combustibles fósiles.

5.4.1 Diagnóstico y Proyección.

El diagnóstico consiste en el establecer, de manera cualitativa, el estado actual de los indicadores y la proyección es la evaluación de los indicadores en el pasado.

Utilizando la clasificación del cuadro 16, a continuación se describe la situación actual de los indicadores englobados en cada rubro, así como las proyecciones de éstos, siempre y cuando, no se carezca de éstas.

Desarrollo: Científico y técnico

Diagnóstico

Diseño. Laguna Verde es la única Central Nuclear de México, cuenta con 2 unidades generadoras. Los reactores son marca General Electric, tipo Agua Hirviente (BWR-5), contención tipo Mark II de ciclo directo. El sistema nuclear de suministro de vapor fue adquirido a General Electric y el Turbogenerador a Mitsubishi Heavy Industries.

Sitio. La Central Nucleoeléctrica Laguna Verde (CNLV) está ubicada en el sitio costero del mismo nombre, que pertenece al municipio de Alto Lucero, en el Estado de Veracruz, se localiza a 70 km al noroeste del puerto de Veracruz y a 290 km al noreste de la Ciudad de México.

Tabla 22. Datos técnicos de la central nucleoelectrica Laguna Verde.

Localización	70 km al NNO de la ciudad de Veracruz.
Número de unidades	2
Proveedor de los sistemas nucleares de suministro de vapor	General Electric
Tipo de reactor	BWR-5 (Reactor de agua ligera en ebullición)
Potencia térmica por reactor	2,021 MW _t
Carga inicial de combustible por reactor	444 ensambles; 92 ton de combustible (UO ₂) al 1.87% U ²³⁵ en promedio.
Recarga anual de combustible por reactor	112 ensambles al 3.5% de U ²³⁵
Proveedor de los turbogeneradores	Mitsubishi Corporation
Potencia eléctrica bruta por unidad	682.44 MW _e
Potencia eléctrica neta por unidad	655.14 MW _e
Energía anual generada por unidad	4,782 GWh, al 80% de factor de capacidad
Ahorro anual en combustóleo por unidad	1,096,000 m ³ (6 millones 895 mil barriles)
Líneas de transmisión	3 de 400 KV (Tecali, Puebla y Poza Rica) 2 de 230 KV (a la Ciudad de Veracruz)

FUENTE: Del Fuego a la energía Nuclear. CFE, 2006.

Proyección

Sitio. El Doctor Carrillo Flores, rector de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) de 1953 a 1961, así como otros científicos, impulsaron la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), cuya fundación se dio en 1956, con el objetivo de regular las aplicaciones energéticas y no energéticas, así como los estudios en ciencias nucleares.

La CNEN tomó total responsabilidad por todas las actividades nucleares en el país excepto por el uso de radioisótopos y la generación de potencia eléctrica. A la CFE, le fue asignado el rol de futuro generador de energía nuclear.

En 1966 empezaron a realizarse investigaciones preliminares por parte de la CNEN y la CFE para la identificación de sitios potenciales para plantas nucleares y en 1969 la CFE puso en licitación el diseño de plantas nucleares con capacidad de 600 MW_e. La asignación final del contrato se le otorgó a General Electric esto ocurrió a mediados de 1972. Posteriormente dada la importancia de los factores sísmicos, se integraron en esta tarea el Instituto de Geofísica, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y consultores internacionales expertos, algunos de ellos de la OIEA.

La selección del emplazamiento tomó en cuenta factores aplicables a la localización de centrales convencionales, con la única salvedad de que tal sitio no se viera afectado por la ubicación de las fuentes de combustibles fósiles, además de los factores específicos de las centrales nucleares que incluyen desde las características de peso y volumen de los diversos elementos que conforman la central hasta una serie de aspectos relacionados con la seguridad nuclear, utilizando las normas técnicas vigentes en Estados Unidos.

El objeto de esos primeros estudios era incluir las características de los sitios en las especificaciones que se hicieron llegar a los fabricantes y posibles proveedores de equipo.

Fueron 4 criterios básicos que condujeron a la localización del sitio adecuado:

1. La relativa cercanía a los centros de consumo (especialmente a la Ciudad de México).
2. La disponibilidad de agua de enfriamiento.
3. La estabilidad sísmica del lugar.
4. Un tipo de suelo preferentemente rocoso para la cimentación de la construcción.

Para la toma de la decisión definitiva se tuvo en cuenta que muy probablemente, a la primera unidad, seguirían otras en otros plazos relativamente breves.

El potencial de expansión y la facilidad de acceso por mar significaron ventajas muy importantes. También se analizó el comportamiento de los vientos durante huracanes o tornados y los posibles efectos de tsunamis, ya que es condición obligatoria de fundamental importancia, que de llegar a ocurrir cualquiera de estos fenómenos naturales en el transcurso de la vida activa de la Central, sus distintas estructuras y edificios los soporten, sin menoscabo alguno de su seguridad.

Finalmente, después de esta larga y minuciosa tarea para la selección óptima del sitio, el primer colado de concreto para la cimentación de la obra se realizó en el mes de octubre de 1976.

Desarrollo: Económico y Legal

Diagnóstico

Económico. Gran parte de la inversión en México proviene de recursos propios de la CFE generados por la aplicación de tarifas al uso del servicio eléctrico. Así como, de cualquier subsidio otorgado por el Gobierno Federal a la CFE, ambos constituyen la fuente de recursos "propios" de este organismo.

Debido a la dependencia de esta paraestatal con respecto a la SENER, la CFE se encuentra supeditada a los planes que ésta tenga y por supuesto al presupuesto que se le otorga. La SENER trabaja con escenarios de demanda, basados en una tasa de incremento en la demanda anual, y en eso se cimientan sus casos de financiamiento para proyectos de incremento en infraestructura.

Legal. En cuanto al desarrollo de la infraestructura legal y del cuerpo regulador, México cuenta con todo un marco regulatorio en materia nuclear, que ya fue minuciosamente expuesto al principio de este capítulo, por lo que se puede decir que se cuenta con un suficiente desarrollo de su infraestructura legal, así como de su cuerpo regulador, los cuales son susceptibles de actualización y fortalecimiento.

Construcción: Científico y técnico

Diagnóstico

Investigación y Desarrollo. A la fecha la principal organización de investigación en México es el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). En el ámbito de los usos pacíficos de la energía nuclear, el ININ ha definido 11 líneas de investigación y desarrollo, en las cuales enfoca sus actividades científicas y tecnológicas dirigidas a mejorar las condiciones de vida de la población.

En resumen estas líneas son: Ciencias nucleares, Fuentes energéticas, Tecnología de reactores nucleares, Materiales nucleares y radiactivos, Seguridad Nuclear y radiológica, Gestión de desechos radiactivos, Ecología y protección del medio ambiente, Aplicaciones de los aceleradores de partículas, Aplicaciones de las radiaciones a los sectores industria, salud y agropecuario, Química y Radioquímica, Radio biología y genética. El instituto cuenta con personal capacitado y reconocido en el ámbito nacional e internacional en diversas áreas de la ciencia e ingeniería, que le dan la capacidad de afrontar proyectos multidisciplinarios.

A su vez en nuestro país existen otras Instituciones que investigan e imparten educación en materia nuclear, las cuales se mencionan a continuación:

- **La Universidad Nacional Autónoma de México**, que posee el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Dentro del campo del conocimiento “Energía” se ofrece un programa de Maestría en el Área de Sistemas Energéticos con perfil en Sistemas Nucleoeléctricos. Cuenta también con instalaciones ubicadas en el estado de Morelos, las cuales cuentan con una importante capacidad de cómputo para la simulación de procesos nucleares.
- **La Universidad Nacional Autónoma de Zacatecas**, que posee un Modelo subcrítico Chicago 900 usado para entrenamiento, comisionado en 1969.²²³
- **Facultad de Química de la UNAM.**
- **Departamento de ingeniería nuclear de la ESFM-IPN.**
- **División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAM Iztapalapa.**
- **Facultad de Ciencias de la UAEM.**
- **Facultad de ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UV Campus Xalapa.**

Personal. El personal que labora en la CNLV cuenta con un alto nivel de preparación para el desarrollo de su trabajo. La alta calidad en el adiestramiento está asegurada con las rigurosas auditorías de los programas de entrenamiento realizadas por organismos reguladores nacionales e internacionales.

Proyección

Administración del programa nuclear. Años después de su creación, la CNEN fue transformada en el Instituto Nacional de Energía Eléctrica (INEN), el cual fue dividido en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Uranio Mexicano (URAMEX) y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS). Algunas de las funciones de URAMEX fueron absorbidas por la SENER en 1985, después de su desaparición.

223 *Ibíd*em 194.

La separación del área productiva de la tecnología e investigación fue altamente inconveniente en una industria donde juega un papel tan importante la tecnología. La industria nuclear es una industria de punta donde la tecnología tiene que estar abordando constantemente los problemas que va planteando un proceso productivo tan complejo.

Los reactores nucleares de Laguna Verde, se compraron en el extranjero sin ningún convenio de transferencia tecnológica y actualmente no hay posibilidades de absorberla en su totalidad.

Aparte de la obra negra de construcción, todo el equipo se compró al extranjero, además para la administración del proyecto, se contrató a una compañía norteamericana. La mala administración del proyecto, se tradujo en un enorme retraso del mismo.

No se contempló en el largo plazo el desarrollo tecnológico en reactores y combustibles nucleares, ni la eventual instalación de fábricas para producirlos. La separación de la producción, la investigación y el desarrollo tecnológico, y la asignación de funciones tuvieron como consecuencia la creación de dos dinámicas ajenas, cada una con sus propios objetivos y ritmos de trabajo.

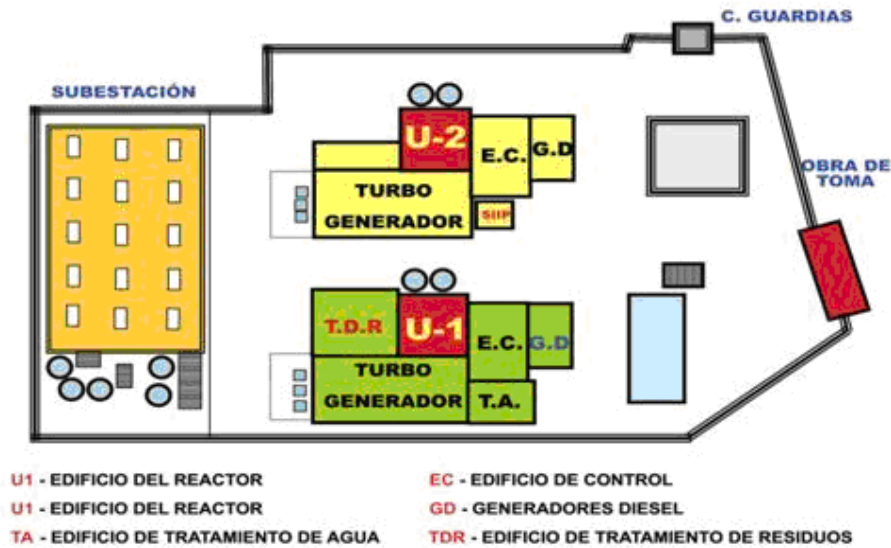
Personal. En el caso de Laguna Verde se han invertido más de un millón trescientas mil horas-hombre para cubrir la gama de cursos necesarios; por ejemplo, para que una persona pueda ser calificada como operador de reactor debe de cubrir satisfactoriamente cuatro años de entrenamiento, incluyendo cursos de simulador.

Construcción: Económico y Legal

Diagnóstico y Proyección.

Diseño. La central está conformada por dos unidades generadoras. Cada unidad consta de seis edificios principales y otros secundarios. Ambos tipos de edificios se encuentran dentro de un área delimitada por una doble cerca con acceso restringido.

Figura 54. Distribución de Planta Unidades 1 y 2.²²⁴



FUENTE: CFE, Central Laguna Verde, 2009.

- **Edificio del reactor.** Alberga en su interior al reactor nuclear, sus sistemas auxiliares y sus sistemas de seguridad, la plataforma de recambio de combustible y la alberca de combustible utilizado.

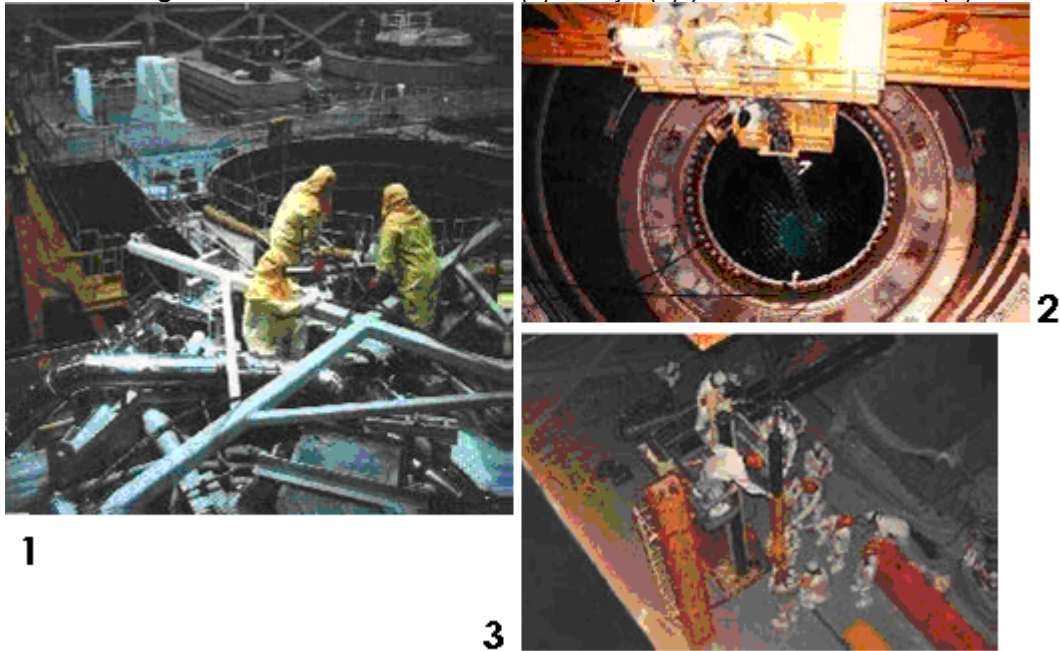
Este edificio mide aproximadamente 40 m² de base y 74 m de altura, se divide en dos secciones; el contenedor primario y el contenedor secundario.²²⁵

El contenedor primario es una estructura cilíndrica cónica constituida con paredes de concreto de 1.5 m de espesor. La parte interna de esta estructura está recubierta con una placa de acero de 6 mm de espesor. La contención primaria está dividida en dos partes: la parte superior llamada pozo seco (que contiene fundamentalmente la vasija del reactor, las tuberías de los sistemas de vapor principal, agua de alimentación de recirculación, además de los sistemas auxiliares, controles e instrumentación necesarios de acuerdo con el diseño) y la parte inferior, llamada alberca de supresión de presión, utilizada para aliviar excesos de presión en la vasija y tuberías del sistema de vapor principal.

224 CFE, Central Laguna Verde. www.cfe.gob.mx consultada el 16 de Noviembre de 2009.

225 Del Fuego a la energía Nuclear. CFE. 2006.

Figura 55. Edificio del reactor (1), vasija (2) y barras de control (3).



FUENTE: Del Fuego a la energía Nuclear. CFE. 2006.

La vasija del reactor es un recipiente cilíndrico de aproximadamente 20 m de longitud, diseñado y fabricado con acero de baja aleación, recubierto internamente con acero inoxidable. El núcleo del reactor es alojado en el interior de la vasija y es aquí donde tiene lugar la fisión nuclear del átomo que permite la producción del vapor nuclear el cual es enviado directamente al grupo del turbogenerador.

El núcleo del reactor está constituido por 444 ensambles de combustible y contiene cerca de 92 toneladas de uranio en 109 barras de control y agua utilizada como refrigerante y moderador.

El combustible nuclear se encuentra alojado en pequeñas pastillas cilíndricas de 1.25 cm de diámetro y 1 cm de altura, introducidas a su vez en tubos contruidos con Zircaloy, con una longitud aproximada de 4 m, denominadas barras de combustibles. El arreglo de 62 de estas barras más 2 barras huecas por donde circula agua forman un ensamble de combustible.²²⁶

Las barras de control son de forma cruciformes, fabricadas de acero inoxidable y contienen en su interior carburo de boro. Estas barras son operadas mediante mecanismos hidráulicos y están situadas en la parte inferior de la vasija.

²²⁶ Del Fuego a la energía Nuclear. CFE. 2006.

Las barras de control son desplazadas verticalmente en el núcleo del reactor con la finalidad de controlar la fisión nuclear, y pueden ser insertadas en breves segundos (varían entre 3 y 5 segundos) cuando se requiere un apagado súbito del reactor.

El contenedor secundario está construido con paredes de concreto de 0.5 m de espesor y se divide en 8 niveles o pisos, estando en la cota 49.90 el piso superior o de recarga de combustible. En este nivel se encuentran las albercas de combustible nuevo y gastado, así como la cavidad del reactor. Los equipos necesarios para la introducción y extracción de los elementos de combustibles también están ubicados en este nivel.

Cabe resaltar que la contención secundaria siempre es mantenida a una presión menor a la exterior, lo que impide en todo momento la salida de gases.

- **Edificio de tratamiento de residuos radioactivos.** Aloja a los sistemas de tratamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos de mediano y bajo nivel de radioactividad.

Este edificio es común para ambas unidades y se encuentra al oeste del edificio del reactor de la unidad 1. Su función principal es el tratamiento de los residuos que se producen al realizar actividades en los diferentes edificios y en el proceso de los sistemas de la central.

Su trabajo se complementa en el edificio de purificación en la unidad 2, el cual se comunica a través de un túnel que permite la transferencia de los residuos de la unidad 2 a la unidad 1. Estos residuos se mezclan con asfalto, se compactan y se almacenan en bidones de 200 litros para posteriormente enviarlos al edificio de desechos de bajo y medio nivel.

- **Edificio de control.** Contiene el cuarto de control principal, computadora de proceso, cuarto de cables, los sistemas de refrigeración del reactor en situación de emergencia.

El edificio de control consta de 5 niveles o pisos, siendo el más relevante el de 25.10, ya que en él se ubica el cuarto de control. Es aquí donde por medio de consolas y tableros de control se reciben las señales. Personal altamente capacitado vigila y opera el funcionamiento de los sistemas que intervienen en su operación.

Adicionalmente, se cuenta con un sistema computarizado, parte del Sistema Integral de Información de Proceso (SIIP), que sirve de apoyo a los operadores para obtener información exacta y oportuna del funcionamiento de los elementos de los sistemas que intervienen en el proceso operativo de cada unidad generadora.

Figura 56. Edificio de control.



FUENTE: Del Fuego a la energía Nuclear. CFE. 2006.

- **Edificio de tratamiento de agua.** Contiene la planta de producción de agua desmineralizada de alta pureza para uso del ciclo de vapor (localizada en la Unidad 1).

El edificio de tratamiento de aguas se encuentra ubicado en el área de la unidad 1 y es común para ambas unidades. En éste se alojan los sistemas necesarios para tratar químicamente el agua (que es extraída de pozos de agua dulce), con el fin de obtener agua de excelente calidad sin minerales ni elementos extraños. Este líquido es enviado a los sistemas de agua de alimentación del reactor y agua de enfriamiento nuclear, entre otros sistemas.

Figura 57. Edificio de tratamiento de agua.



FUENTE: Del Fuego a la energía Nuclear. CFE. 2006.

En cuanto al taller mecánico, es un local que tiene en su interior máquinas y herramientas para dar mantenimiento a equipos electromecánicos, principalmente bombas y electroválvulas durante la operación de la central.

- **Edificio del turbogenerador.** Aloja a las turbinas de alta y baja presión, generador eléctrico y su excitador, condensador, los precalentadores de agua de alimentación y recalentadores de vapor.

Este edificio tiene como función convertir la energía térmica del vapor de agua proveniente del reactor, en energía mecánica a través de la turbina. Esta energía es convertida posteriormente en energía eléctrica en el generador principal.

- **Edificio de generadores diesel.** Aloja tres generadores diesel que se utilizan para el suministro de energía eléctrica a los sistemas de refrigeración del reactor, en situación de emergencia.

El diseño de Laguna Verde cumplió con las normas nacionales e internacionales necesarias para su construcción. En 1976 comenzó la construcción de Laguna Verde con dos reactores General Electric de agua hirviendo (BWR). El primero entró en operación comercial el 29 de Julio de 1990 y el segundo el 10 de abril de 1995.

Operación: Científico y Técnico

Diagnóstico

Operación. Los reactores de Laguna Verde utilizan el fluido refrigerante (agua desmineralizada), que pasa por el núcleo del reactor a alta presión y hierve al extraer el calor que se produce por la fisión nuclear del combustible. El vapor húmedo, se separa del agua, y se seca dentro de la misma vasija hasta alcanzar una calidad de 99.7% para enviarse directamente por cuatro tuberías a la turbina de alta presión y luego a las de baja presión.

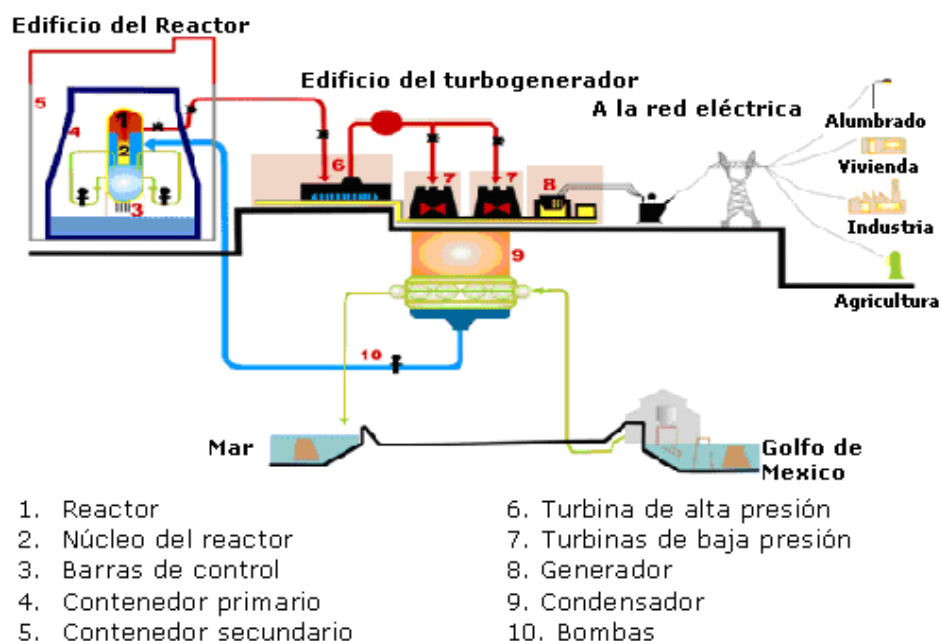
Debido al proceso de expansión que sufre el vapor al llegar a la turbina, se tiene como resultado vapor a alta velocidad, chocando con los álabes o paletas de las turbinas, obteniendo la energía mecánica para mover el generador eléctrico. Luego de mover las turbinas, el vapor pasa por el condensador, que opera al vacío, donde se enfriará con agua de mar y se convierte nuevamente en líquido.

El caudal de agua de enfriamiento fluye por los tubos del condensador a presión atmosférica, no entrando en contacto con el agua desmineralizada del reactor. El agua de mar se descarga en un canal abierto de gran longitud, para disipar el calor adquirido en el condensador antes de incorporarse de nuevo al Golfo de México. El agua desmineralizada antes de precalentarse y bombearse a la vasija del reactor para cerrar el ciclo termodinámico, se hace pasar por filtros con resinas de intercambio iónico donde se le quitan impurezas. Posteriormente es

incorporada por un sistema de bombas al reactor venciendo la presión interna del mismo.

La subestación de la Central Laguna Verde se conecta a la red eléctrica nacional mediante dos líneas de transmisión de 230 kV a la subestación Veracruz II, así como tres líneas de transmisión de 400 kV; una de ellas a la subestación Puebla II, otra a la subestación Tecali, y la tercera a la subestación poza Rica II.²²⁷

Figura 58. Ciclo termodinámico CNLV.



FUENTE: CFE. Del Fuego a la energía Nuclear.

Participación internacional. México forma parte de los países asociados a la *World Association of Nuclear Operators* (WANO), que es un organismo creado para maximizar la seguridad y confiabilidad en la operación de plantas nucleares mediante el intercambio de información y comunicación reforzada, mediante la comparación y emulación entre sus miembros. Forma parte también de los países miembros del INPO (*Institute of Nuclear Power Operators*), que es otro organismo que promueve la excelencia en la operación de las plantas nucleoelectricas. Forma parte también del (Organismo Internacional de Energía Atómica) OIEA y de la NEA (*Nuclear Energy Agency*)

Ciclo del combustible. Se tienen identificadas reservas de uranio en México por alrededor de 2,000 toneladas, las cuales están en espera de ser extraídas bajo el argumento de que resultaría económicamente inviable explotarlas dados los bajos precios internacionales del combustible nuclear.

227 Del Fuego a la energía Nuclear. CFE. 2006.

Inversión en mantenimiento e incremento de la vida útil. La repotenciación en las centrales nucleares se lleva a cabo para darle capacidad adicional al sistema nuclear de suministro de vapor. Es por esto que en febrero del 2007 la CFE firmó contratos con la compañía española Iberdrola así como con la compañía Alstom para acoplar nuevas turbinas y generadores a la planta de Laguna Verde. De este modo podrá producir 20% más energía y alargar su vida útil 20 años más. Con el consentimiento de la CNSNS, los reactores podrán entrar en operación en el 2010.²²⁸

La oferta presentada fue de 605.06 millones de dólares. Una turbina y generador totalmente “modernizados” permitirán incrementar la capacidad de Laguna Verde hasta un 20%. Actualmente, tiene una capacidad de generación de 1,365 MW que representan el 2.85% de la capacidad efectiva de generación de la CFE.²²⁹

El incremento de la capacidad de generación eléctrica al 120% durante 20 años más, por cada reactor, es equivalente a 1 nuevo reactor disfrazado de mediana potencia. Lo menos que puede decirse es que Laguna Verde seguirá operando hasta el año 2050 cuando, originalmente, estaba diseñada para desmantelarse 30 años antes. La vida útil de la central se había estimado en 30 años, después en 40; ahora se plantea que llegue a 60 años.

La repotenciación al proyecto, para la rehabilitación y modernización de la central nucleoelectrica Laguna Verde unidades 1 y 2, que comprende el diseño, ingeniería, suministro de equipos y materiales, partes de repuesto, herramientas especiales y desmontaje. Además, incluye la construcción, instalación, pruebas, apoyo técnico, fletes, seguros, aranceles, impuestos, manejo aduanal y capacitación requeridos.

Proyección

Participación internacional. Internacionalmente la Central Nuclear laguna Verde (CNLV) participa como miembro de las organizaciones ya mencionadas, pero es en el ámbito nacional en donde la central ha sido acreedora de los siguientes reconocimientos:

- Empresa Socialmente Responsable.
- 2007 Premio Nacional de Calidad 2007 como empresa de gobierno.
- 2007 Excelencia Ambiental.
- 2006 Certificación de Industria Limpia, otorgado por PROFEPA.
- 2006 Recertificación de ISO 9001:2000, ISO 14001:2004 y NMX-SAST-01:2000 por CALMECAC.
- 2006 Acreditación del laboratorio de Metrología otorgado por la norma EMA.

²²⁸ World Nuclear Association. Nuclear Power in Mexico. 20/11/2007.

<http://www.world-nuclear.org/info/inf106.html>

²²⁹ Repotenciación de Laguna Verde a Iberdrola. FTE de México. 2007. Pág. 84.

- 2003 Recertificación de conformidad con las normas internacionales y mexicanas, ISO-9001:2000/NMX-CC-9001:2000 para el sistema de gestión de la calidad, el cual es aplicable a la generación de energía eléctrica por medios nucleares.
- 2002 Certificado de conformidad con la norma mexicana NMX-SAST-001-IMNC-2000 para el sistema de administración de seguridad y salud en el trabajo
- 1999 Certificado de conformidad con las normas internacionales y mexicanas ISO-14000:1996/NMX-SAA-001:1998 para el sistema de administración ambiental, el cual es aplicable a la generación de energía por medios nucleares.
- 1997 Certificación del Sistema de Calidad de acuerdo a las Normas Nacionales e Internacionales NMX-CC-003:1995/ISO-9001:1994. El sistema de Calidad es aplicable a la generación de energía eléctrica por medios nucleares.
- 1997 El reactor de la Unidad 2 llegó a 358 días de operación continua, ingresando al Club "BWR 300 Plus" de General Electric. y se le calificó como la segunda Unidad BWR que lo consigue antes de los tres años de operación comercial, superando el record de operación interrumpida de la Unidad 1 establecido en el año de 1996.

Ciclo del combustible. México tiene experiencia en la extracción de uranio, pues en el pasado se operaron minas de uranio en nuestro territorio, principalmente en Sierra de Gómez, La Domitila y otras regiones de Chihuahua. Sin embargo, en los próximos años, el uranio requerido para las recargas de los reactores de Laguna Verde se obtendrá del mercado internacional, pues con la desaparición de URAMEX terminaron los planes para la producción de uranio en nuestro país.

Se puso en operación una planta piloto para la producción de combustible nuclear en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; estuvo en funcionamiento de 1980 a 1996, pero fue cerrada por razones económicas. En ella se fabricaron 4 ensambles de combustible para ser usados en la CNLV. Fueron entregados en 1995 y operaron exitosamente en el reactor 1 de la central.

Inversión en mantenimiento e incremento de la vida útil. Desde fines de 2006, la CFE había abierto un concurso para licitar la repotenciación de las 2 unidades de la CNLV. El 19 de enero de 2006, la CFE recibió tres ofertas.²³⁰

Los consorcios que presentaron propuestas fueron General Electric Internacional Operations Company; General Electric Internacional y Diamante Nucleoeléctrica, SA de CV, que presentó una oferta de 951 millones 467 mil 898 dólares.

El segundo consorcio fue encabezado por Siemens Power Generation; Siemens Innovaciones; Techint Compegnia Técnica Internationale; Sener Ingeniería y Sistemas y Proyectos Laguna Verde SA de CV, cuya oferta fue de 694 millones

²³⁰ Rodríguez I., en La Jornada. 20-Ene-2007.

900 mil 100 dólares. La tercera postura fue del grupo liderado por Iberdrola Ingeniería y Consultoría México; Iberdrola Ingeniería y Construcción; Sociedad Unipersonal y Alstom Mexicana, con una oferta de 605 millones 57 mil 403.25 dólares.

El 12 de febrero de 2007 se dio a conocer el fallo. Para el consorcio formado por las empresas Iberdrola Ingeniería y consultoría México, S.A. de C.V./Iberdrola Ingeniería y Construcción, S.A./Sociedad Unipersonal/Alstom Mexicana, S.A. de C.V.

Operación: Económico y Legal

Diagnóstico y Proyección

Contratos de combustible. El uranio usado en Laguna Verde se compra bien sea como hexafluoruro de uranio o como concentrado que luego es convertido en hexafluoruro de uranio por Comurhex, en Francia. El enriquecimiento lo lleva a cabo el Departamento de Energía de los E.U.A., mientras que la fabricación del combustible la realiza General Electric en los E.U.A. Se han probado también ensambles de combustible proporcionados por Siemens.

Desmantelamiento: Científico y Técnico

Diagnóstico

Desmantelamiento. Según información proveída por la página de la CFE en cuanto a la CNLV, se estudian diferentes posibilidades para su desmantelamiento, después de la vida útil de la central nuclear, se considera el cementar o simplemente clausurar. Otra solución en análisis es el revitalizar la central y seguirla utilizando por mayor tiempo mediante la renovación de su licencia de operación, como se está haciendo en otros países.

Se descarta el desmantelamiento inmediato de la planta al final de su operación debido a que una clausura temporal de la instalación por unos cien años, contribuye al decaimiento natural del material irradiado de todos los componentes, esto hace que todas las operaciones de desmantelamiento de la central sean mucho más sencillas.

En términos generales, el plan a seguir en este tema para la CFE es: la descontaminación de la planta, desmantelamiento, caracterización de los residuos, empaque, evacuación y limpieza del emplazamiento para su uso sin restricciones.

Combustible gastado. Actualmente los residuos son almacenados In Situ, esto es, en albercas en la misma central de Laguna Verde que ayudan a enfriar el material gastado, así como también ayuda a disminuir los niveles de radiación del desperdicio radioactivo. Las albercas de almacenamiento han sido rediseñadas para proveer suficiente espacio para almacenar el combustible utilizado de los dos reactores para la totalidad de sus vidas útiles. Cerca de 1000 t de material utilizado se encontraban almacenadas en el 2003.²³¹ De este modo, se gana tiempo para tomar una decisión final en torno al problema del combustible gastado con base en la disponibilidad y precio del uranio, la expansión del Sistema Eléctrico Nacional y el desarrollo de nuevas tecnologías. La misma estrategia es empleada con el material utilizado de los reactores de investigación.

En cuanto a los desechos de niveles de radioactividad bajo y medio producidos por la central, se planea la construcción de un nuevo repositorio también dentro de la planta, cuya capacidad sería suficiente para almacenar todos los desechos generados por las instalaciones médicas e industriales de todo el país.

Proyección

Combustible gastado. Desde que el gobierno federal decidió liquidar a su personal con el cierre de Uranio Mexicano (URAMEX) México se excluyó de un campo de desarrollo tecnológico y científico que incluye todas las ramas de desarrollo del ciclo del combustible nuclear, esto incluye desde su extracción hasta su depósito final.

Durante la operación de URAMEX se operó un sitio de depósito cerca de la superficie para desperdicios de bajo nivel en Piedrera entre 1985 y 1987. En ese entonces, 20,858 m³ de desperdicio fueron almacenados. También, un centro de tratamiento y almacenamiento para desperdicios de bajo nivel ha operado en Maquixco desde 1972.²³² Se planea cerrar este repositorio para desechos de radioactividad baja y media, producidos en instituciones médicas e industriales, en un futuro cercano para evitar conflictos sociales.

Desmantelamiento: Económico y Legal

Diagnóstico

Fondos. Es de esperarse que los fondos para el desmantelamiento de la planta, ya sea de manera temprana o de manera regular, provengan del presupuesto otorgado por el gobierno hacia la CFE, y de sus finanzas internas, hasta el momento no se ha llegado a este punto en lo que respecta a la vida de la planta.

²³¹ Radioactive Waste Management Programs in OECD/NEA Member Countries, OECD/NEA 2005.

²³² World Nuclear Association. Nuclear Power in Mexico. 20/11/2007.

<http://www.world-nuclear.org/info/inf106.html>

Cultural, Social y Político

Diagnóstico

Sondeos de la opinión pública. En México, al igual que en muchos otros países, la sociedad civil esta adquiriendo un papel cada vez mas importante en la toma de decisiones sobre asuntos de interés nacional. Uno de ellos es el uso de la tecnología nuclear y particularmente la generación de energía nucleoelectrica. En 2007 el ININ presentó un estudio de la percepción de la energía nuclear en México, este estudio arrojó una serie de resultados que se mencionan a continuación:

1. La desinformación sobre la generación de electricidad y la energía nuclear es muy alta; mayor en estrato bajo, y mayor pero errónea (mitos) en estratos más altos. Ello afecta la firmeza de las opiniones, “abiertas al mejor postor”, es decir que el posicionamiento del tema en una población tan desinformada es volátil y fácilmente manipulable por quién domine los medios de comunicación.
2. Los principales mitos son:
 - Se asocia la energía nuclear con la bomba atómica (excepto en regiones cercanas a Laguna Verde) y se piensa que se trata de la misma tecnología.
 - Las radiaciones que emanarían de la central al aire libre o al subsuelo (directamente o a través de agua contaminada descargada por la Central) se perciben como el principal riesgo.
 - Se piensa que una Central Nuclear podría explotar como una bomba.
 - Hay poca o nula mención espontánea de desechos radioactivos.
3. Existe un alto grado de tolerancia al riesgo en la cultura mexicana; en relación a este tema esta tolerancia es mayor: 1) cuando se ha vivido cerca del riesgo sin ver consecuencias negativas; 2) en segmentos más desinformados y, por tanto, más dispuestos a escuchar información alternativa o 3) más cercanas a la región de Laguna Verde.
4. La información básica sobre la seguridad de las nucleoelectricas puede revertir esta percepción de riesgo, más aun que ofrecer un beneficio ambiental, aunque éste último también tiene un efecto positivo.

5. Que la desinformación sobre las fuentes de electricidad, su nivel de contaminación y su viabilidad para el futuro reduce el posible impacto de argumentos positivos sobre la Energía Nuclear. La información sobre esas fuentes alternativas facilita la comunicación para el posicionamiento de la energía nuclear.

Esponáneamente, la población entrevistada manifestó la respuesta socialmente esperada de preocupación por la contaminación en general del medio ambiente: selvas tropicales, océanos, aire, etc.

La población nacional señaló que el aspecto más importante relacionado con la producción de energía eléctrica es que no contamine (41%), seguido del costo (“que sea barata” 32%) y que atienda las necesidades del país (16%). Se aprecia cierta disposición a pagar más por la electricidad consumida en caso de que la producción de ésta cubra los aspectos citados (sí pagaría más 55%, no 41%).²³³

Apoyo político. Existe apoyo en los altos niveles de gobierno para la expansión de la energía nuclear, primariamente para reducir la dependencia al gas natural, pero no existen planes concretos hasta ahora.

Proyección

Opinión pública. El accidente nuclear de Chernobyl en 1986, tuvo un impacto negativo en la opinión pública mexicana y por lo tanto en la realización del proyecto de Laguna Verde, este accidente generó una contracorriente de grupos ecologistas y asociaciones civiles, que basaron su desconfianza en el miedo a un incidente nuclear y al descrédito de la obra pública.

Debates y audiencias públicas. Las asociaciones civiles anti-nucleares de ese entonces forzaron a una reevaluación del programa nuclear, lo cual se tradujo en una serie de debates basados en la legitimidad de las revisiones realizadas por el gobierno y las realizadas por otra instituciones al programa nuclear, esto representó una serie de dimes y diretes entre la sociedad pro-nuclear y la sociedad anti-nuclear y a su consecuente retraso.

Apoyo político. Fue una vez más, una decisión autoritaria del gobierno mexicano, que en ese entonces era dirigido por el Expresidente Miguel de la Madrid Hurtado, la que dio por finalizado el conflicto. Es por esto que cuando se tomó la decisión de seguir adelante con el programa nuclear, la inconformidad social generada no se había debilitado, por lo que la carga de combustible y la posterior puesta en marcha de la Central, se percibieron como una imposición más a la “voluntad popular”, y por ende, Laguna Verde careció desde entonces de aprobación social.

233 Xolocostli Munguía, José Vicente y Otros. Percepción de la Energía Nuclear en México. Simposio LAS/ANS 2007. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, 2007.

5.4.2 Planeación prospectiva.

Una vez realizado el breve análisis del estado actual que guarda cada indicador, el siguiente paso en la metodología prospectiva adoptada, es el del diseño de los escenarios futuros.

Escenario inercial

Esta extrapolación del futuro responde a la pregunta ¿qué pasaría si no se realizara ningún cambio o esfuerzo adicional en el sector nuclear en México?

No sería sorpresa que en el desarrollo del balance energético nacional, los hidrocarburos siguieran siendo el principal soporte energético. Es posible que se reduzca su porcentaje de aportación al balance energético nacional, sobre la base de aprovechar al máximo todas las fuentes energéticas alternativas con que cuenta el país. Es por esto que de permanecer en el nivel actual las reservas nacionales de hidrocarburos, éstas serán insuficientes dado que deberán soportar la carga principal de la demanda energética nacional, así como el régimen de exportación del petróleo impuesto por el gobierno, además de financiar el gasto público y el desarrollo nacional.

En cuanto a la energía nuclear en México, es posible que cuando más álgida se encuentre la demanda de energía eléctrica, la imposibilidad de satisfacerla debido a la caída en las reservas petroleras y la mala administración de las finanzas públicas, se presente la inminente escasez de energía y los apagones sectorizados; de esta necesidad nacerá la iniciativa de utilizar nuevas fuentes de energía y entre ellas podría llegar a considerarse la energía nuclear, lo que llevará a la compra de algunos reactores nucleares en el futuro.

Escenario Utópico

Este escenario es el extremo de lo deseable, cuenta con estructuras potencialmente diferentes a las actuales, trata de responder a la pregunta ¿qué pasaría si todo sale bien?, es como su nombre lo indica una utopía, es decir a donde se quisiera pero no se podría llegar.

Es necesario, encontrar una alternativa de desarrollo nuclear que permita al país aportar lo más posible a la satisfacción de la demanda de energía eléctrica, creando a la vez una infraestructura humana e industrial capaz de absorber y reproducir la tecnología importada lo más rápidamente posible. Esta alternativa consiste en la compra de plantas nucleares con contratos de transferencia tecnológica, de manera que, conforme el número de plantas aumente, la participación extranjera disminuya y la nacional se incremente hasta alcanzar la autosuficiencia en materia nuclear.

Las empresas norteamericanas que producen reactores nucleares, General Electric, Westinghouse y otras, tienen por política impedir que se reproduzca en otros países su tecnología, tanto el gobierno norteamericano como sus compañías fabricantes de reactores se reservan y ejercen un dominio casi absoluto en el diseño, fabricación y operación de las plantas nucleares que venden; es principalmente debido a esta característica que se descartan los reactores de este tipo de compañías y se escogió la tecnología del reactor ACR-1000 de la compañía AECL.

La política de ventas de los reactores CANDU ofrece a la venta, junto con los reactores nucleares, la tecnología de diseño y fabricación. Aparte de las consideraciones anteriores hay otra característica intrínseca de los reactores CANDU. Por su diseño este tipo de reactores utiliza uranio ligeramente enriquecido y se puede recargar su combustible manteniendo en operación el reactor. Es por estas razones que se ha escogido este tipo de tecnología.

Con este marco de referencia inicial se puede determinar de una manera un poco más precisa la aportación que la energía nuclear debe hacer al balance energético nacional del año 2040. Para incrementar su aportación del 3% al 35% considerado en este escenario. Según la Prospectiva del Sector Eléctrico 2009 – 2024 publicada por la SENER en enero del 2010, se estima un crecimiento promedio anual de 3.6% en la demanda máxima²³⁴, también en este escrito se considera una demanda máxima bruta de 59,766 MW para el año 2024,²³⁵ si se extrapola este dato al año 2040, tenemos que la demanda máxima estimada será de 105,247 MW, si se considera un margen de reserva del 15% como en la prospectiva de la SENER, se tendría una demanda máxima a satisfacer de 121,034 MW.

Ahora si el objetivo en este escenario es el de proporcionar el 35% de esta energía demandada mediante la producción de energía nuclear, se necesitarán proporcionar 42,362 MW por este medio; si a esto le restamos la generación de la CNLV para ese año, que será de 1,638 MW debido a la repotenciación de que será objeto. Se tendrían que producir aún 40.724 MW.

En este escenario, el reactor ACR-1000 de la compañía AECL nos proporciona 1000 MW de capacidad neta, tomando todos estos datos como base se necesitaría construir para el año 2040, 41 reactores nucleares. Tomando en cuenta que el periodo, que transcurre entre la decisión de instalar una planta nuclear hasta su entrada en operación es de 10 años mínimo, las decisiones que se tomen ahora empezarán a surtir efectos hasta 2020. Así, el programa nucleoelectrico propuesto en este escenario implicaría la decisión de instalar desde ahora 41 reactores nucleares a lo largo de 30 años.

234 Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024, SENER 2009, México. Pág. 102.

235 Ídem.

Una vez sentadas estas premisas y descritos estos propósitos, los indicadores de nuestro fenómeno se espera se desarrollen de la siguiente manera en los escenarios propuestos.

Desarrollo

Cuadro 22. Escenarios de los indicadores: desarrollo.

Científico y técnico		
Indicadores	Escenario inercial	Escenario utópico
DCT1 Diseños internacionalmente aceptados	La necesidad de instalar una nueva planta nuclear llevará a la licitación del proyecto, y si se sigue el mismo proceso que con Laguna Verde, a la consecuente dependencia extranjera, es posible que de nuevo algunas compañías mexicanas de construcción se encarguen de la obra negra pero serán los proveedores de la tecnología quienes en realidad se encarguen del proyecto, lo que se traducirá de nuevo en contratos leoninos, fuga de divisas y dependencia tecnológica.	Se utiliza el diseño ACR-1000 de la compañía AECL.
DCT2 Construcción en sitios nucleares existentes	De tomarse la decisión de construir alguna otra planta nuclear en México, es muy probable que se decida construir en Laguna Verde, esto debido a la facilidad de seguir usando estos terrenos, por otro lado es posible que se construya en algún otro sitio seleccionado por el ININ y avalado por la CNSNS pero no sin su respectiva resistencia social.	Se han valorado y enumerado cerca de cuarenta sitios idóneos, es decir, se tienen 10 sitios propicios con capacidad para 2 plantas nucleares y 25 sitios con capacidad para 1 planta nuclear.
Económico y legal		
Indicadores	Escenario inercial	Escenario utópico
DEL1 Construir casos de financiamiento basados en varios escenarios de demanda	De no llevarse a cabo ninguna iniciativa, el esquema de generación eléctrica actual seguirá trabajando de la misma manera, tendiendo hacia los esquemas de generación propia por parte de los permisionarios, así como hacia la cogeneración, lo que generará en largo plazo la dependencia en la generación privada de energía eléctrica en nuestro país, dejando a la CFE como mera transportadora y distribuidora de la energía eléctrica.	Se construyeron varios escenarios de demanda y sus respectivos casos de financiamiento.
DEL2 Actualización y fortalecimiento de la infraestructura legal	De no haber una iniciativa por parte del gobierno de reactivar este sector, no existirá la necesidad de modificar la ley sustancialmente, solo se agregarán transitorios y normas específicas, para satisfacer las normas internacionales de los distribuidores y de los organismos de inspección internacionales.	Se realizaron revisiones y reformas a la legislación nuclear actual y se implantaron nuevas normas de carácter nuclear.

Continuación...

Económico y legal			
Indicadores		Indicadores	Indicadores
DEL3	Actualización y fortalecimiento del cuerpo regulador	De igual forma de continuar en este estado todo el aparato regulador nacional seguirá tratando de vincularse cada vez más con la OIEA, esto debido a la necesidad de estar al día en las tecnologías de protección y seguridad en el ámbito nuclear, como medida de prevención de algún desastre nacional de índole nuclear.	Existen programas de respaldo a la CNSNS en cuanto a conocimiento y experiencia, y hay un gran número de programas y redes de asistencia para desarrollar recursos humanos, con la agencia reguladora del país proveedor, complementado por la OIEA y otras organizaciones internacionales.

Construcción

Cuadro 23. Escenarios de los indicadores: construcción.

Científico y técnico			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
CCT1	Desarrollo de arreglos contractuales para los actores involucrados	Es de esperarse que en la necesidad de sortear el reto de otra planta nuclear, y de compensar la falta de una infraestructura adecuada y de experiencia en la operación, la CFE solicitará contratos con los actores involucrados, e el tema solamente de entrega al término del proyecto, con lo cual se crearía una dependencia al personal calificado extranjero, con los peligros y precios consecuentes de esta dependencia.	Existe un número considerable de arreglos contractuales entre el vendedor, los contratistas IPC, la SENER y la CFE, en lo referente a fechas de entrega, transferencia de tecnología y respaldo tecnológico.
CCT2	Reclutamiento	Se puede inferir que de proseguir en este estado la plantilla del personal capacitado ira disminuyendo debido al menor número de estudiantes interesados, a la mayor edad media del profesorado, al envejecimiento de las instalaciones experimentales que se cierran y no se reemplazan o simplemente a la falta de ellas, y de expertos jóvenes que sustituyan a los de mayor edad en la industria nuclear.	Se realizaron múltiples conferencias y campañas de promoción del programa nuclear.

Continuación...

Científico y técnico			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
CCT3	Recursos humanos y entrenamiento	Debido a que en nuestro país no se desarrolló una industria nuclear competente cuando se adquirió la tecnología nuclear, es decir, se adquirió para su uso inmediato y no para su desarrollo, en caso de que en nuestro país se prosiga con la misma política, el personal capacitado irá disminuyendo y las instalaciones nucleares llegarán al final de su vida útil.	Existen varios programas de respaldo y entrenamiento especializado al personal de la CFE en cuanto a conocimiento y experiencia por parte del proveedor.
CCT4	Inversión en transporte e infraestructura cerca del sitio	Este indicador se mantendrá sin cambio alguno, ya que de instalar una nueva planta nuclear, se realizará en el mismo sitio que su predecesora.	La inversión en transporte e infraestructura civil y eléctrica, cerca de los sitios nucleares fue cuantiosa pero bien administrada debido a que se hizo mucho con la inversión comprometida.
CCT5	Sólida administración del programa	Este indicador se mantendrá sin cambio alguno.	El personal de administración contratado aprobó varias evaluaciones realizadas.
CCT6	Experiencia de construcción previa	Este indicador no se desarrollará en este escenario.	Los contratos realizados entre el comprador y la empresa proveedora de la tecnología, en lo que se refiere a transferencia de tecnología, así como la documentación de los proyectos realizados con anterioridad redujeron el porcentaje de participación extranjera a 0.
CCT7	Colaboración para la identificación de necesidades futuras, capacidades tecnológicas y asimilación de la tecnología	Es de esperarse que de presentarse la ocasión de instalar alguna otra planta nuclear, se compre al extranjero sin ningún acuerdo de transferencia de tecnología, por lo que este indicador se mantendrá sin ningún cambio.	Los contratos celebrados y programas emprendidos lograron la asimilación de la tecnología adquirida.

Económico y legal			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
CEL1	Apegarse a diseños estandarizados	La posible licitación de un nuevo proyecto nuclear, posibilita el desarrollo de este indicador, por lo que se espera que en la compra algún nuevo reactor se siga un diseño estandarizado, lo que se traducirá en un ahorro para la empresa encargada del proyecto.	Se generó un ahorro en tiempo y dinero considerable con la utilización de estos diseños.

Operación

Cuadro 24. Escenarios de los indicadores: operación.

Científico y técnico			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
OCT1	Participación en la NEA, OIEA, WANO, INPO, etc.	De proseguir con esta actitud, México formará parte de organismos como la WANO e INPO, así como en la OIEA, pero seguirá siendo un mero espectador en estos organismos, limitándose a atender recomendaciones en lugar de proponerlas.	Se participa activamente en varios programas relacionados con estos organismos.
OCT2	Inversión en nuevas instalaciones de combustible nuclear	De no iniciarse un programa nuclear, se comprará el combustible en el extranjero, se pagará por su enriquecimiento en instalaciones en otros países, y se seguirá pagando por su fabricación a compañías extranjeras, esto hasta el final de la vida útil de los reactores de Laguna Verde o antes si la compañía que presta este servicio entra en bancarrota o decide suprimir el tipo de tecnología que utilizan los reactores.	Nuestro país realizó las inversiones necesarias para revivir la industria del uranio.
OCT3	Invertir continuamente en el mantenimiento y mejoramiento de las plantas	Debido a que ya se ha invertido en este rubro en la CNLV es de esperarse que solamente se invierta en el mantenimiento de ésta planta.	La Inversión destinada a la actualización y mantenimiento preventivo de las nuevas instalaciones nucleares permitió el alargamiento de su vida útil.

Económico y legal			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
OEL1	Desarrollar buenos contratos de combustible	Este indicador se mantendrá sin cambio alguno, ya que se seguirá utilizando el mercado de combustible nuclear.	Nuestro país utilizó en el comienzo del programa nuclear el mercado de suministro de combustible, pero a medida que avanzaba dicho programa, nuestro país revivió su industria uranífera y ahora es independiente.
OEL2	Internalización de los costos de desecho del CO₂	Este indicador se mantendrá sin cambio alguno, ya que sólo se promoverá la cultura del ahorro y la disminución, pero nunca se penalizará enérgicamente debido a la dependencia actual y por el poder económico, político y social que se les atribuye.	El impuesto o penalización aplicada a la emisión de CO ₂ en la generación de energía eléctrica contribuyó a aumentar la competitividad económica de la energía nuclear, así como el de las energías no fósiles.

Desmantelamiento

Cuadro 25. Escenarios de los indicadores: desmantelamiento.

Científico y técnico			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
DMCT1	Decidir una estrategia de desmantelamiento tan temprano como sea posible	La estrategia de desmantelamiento más probable para Laguna Verde será la clausura del sitio por un período de tiempo hasta su conversión en un sitio de almacenamiento de residuos nucleares.	Las estrategias y planes considerados para el desmantelamiento de las nuevas plantas ya han sido establecidas considerando todas las recomendaciones de la OIEA.
DMCT2	Desarrollo de alternativas para el manejo de los residuos radioactivos de alta actividad	Las estrategias a seguir en cuanto a los residuos será en primera instancia el redimensionamiento de las albercas de Laguna Verde, y en el largo plazo su almacenamiento en el nuevo sitio destinado para este propósito.	Se han localizado cierto número de posibles emplazamientos geológicos adecuados y se han evaluado sus condiciones.

Económico y legal			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
DMEL7	Contribuir a la buena definición del fondo según se requiera	Este indicador no se desarrollará en este escenario.	Aparte del fondo de desmantelamiento se agregó un costo de desmantelamiento temprano al costo de capital de la planta.

Cultural, social y político

Cuadro 26. Escenarios de los indicadores: Cultural, social y político.

Cultural, social y político			
Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
CSP1	Debates públicos y audiencias	La desinformación generará que los principales argumentos utilizados en la realización de algún nuevo proyecto nuclear sean el beneficio directo sobre la comunidad implicada con el propósito exclusivo de justificar sus acciones.	Se llevaron a cabo una serie de debates y conferencias de consenso realizados entre el público, los expertos y el gobierno, antes de tomar la decisión de reintroducir el nuevo programa nuclear.
CSP2	Aceptación pública de las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares	De proseguir en el camino de desinformación, nunca se logrará la aceptación pública de esta tecnología.	Se invirtió en campañas de información adecuada, primero a la población implicada, así como a la población en general; la inversión en medios de difusión masiva fue adecuada y multimediática.

Continuación...

Indicadores		Escenario inercial	Escenario utópico
CSP3	Obtener un pacto de apoyo político	Este indicador sólo se desarrollará en este escenario si se presenta una situación de carestía energética, imponiendo la decisión gubernamental ante la desaprobación pública.	Se realizaron varios programas de provisión de información a los actores involucrados, resaltando las ventajas de la utilización de la energía nuclear.
CSP4	Enfatizar las ventajas medioambientales de la energía nuclear	Este indicador no se desarrollará, ya que la necesidad será el motor de la penetración de esta tecnología en este escenario.	Se realizaron varias campañas de información al público, así como a los actores políticos involucrados, resaltando los beneficios ambientales de la energía nuclear respecto a la generación por medio de energías fósiles.

Futurible

Un proyecto nucleoelectrico tendiente a instalar 41 reactores nucleares de 1000 MWe en 30 años es realmente ambicioso para cualquier país. Más ambicioso aún si se pretende seguir un proceso paralelo para absorber y reproducir la tecnología nuclear y para conformar una infraestructura industrial capaz de producir en un mínimo de tiempo la mayor parte de los componentes de los reactores nucleares.

Con las condiciones actuales de infraestructura humana, tecnológica e industrial en materia nuclear, un proyecto tan ambicioso como ése sería irrealizable. Pero no queda otra alternativa. Si este país no quiere encontrarse, en unas cuantas décadas, ante la asfixia económica provocada por la carencia de energéticos para impulsar su desarrollo, si quiere evitar el aumento de un elemento más a su dependencia del exterior, deberá hacer un esfuerzo máximo para asegurarse en un futuro cercano de la posibilidad de explotar una fuente de alta concentración energética como es el uranio.

Es por esto que el escenario futurible debe definirse a partir del escenario utópico propuesto, debe de ser lo más cercano a lo deseable y superior a lo posible, pero mejor aún debe ser factible su realización si se desarrollan de manera concertada toda una serie de acciones sugeridas y esperadas. Este futuro deseable y posible no puede verse restringido por el pasado y el presente conocidos, a continuación se delinean toda una serie eventos, los cuales deben acercarnos lo más posible al escenario futurible.

Este escenario consiste en la compra de plantas nucleares con contratos de transferencia tecnológica, de manera que, conforme el número de plantas aumente, la participación extranjera disminuya y la nacional se incremente hasta alcanzar la autosuficiencia en materia nuclear.

Un proyecto nucleoelectrico accesible, aun sin dejar de ser ambicioso, consistiría en incrementar el porcentaje de participación de la energía nuclear a medida que se incremente la demanda de energía eléctrica, por decirlo así, implementar un seguidor de la demanda de energía eléctrica, que sirva para determinar el porcentaje de participación necesario para la energía nuclear.

Una vez definidas estas premisas se define el escenario futuro.

Desarrollo

Cuadro 27. Escenario Futuro: desarrollo.

Científico y técnico		
Indicadores		Futuro
DCT1	Diseños internacionalmente aceptados	Se decide utilizar el diseño ACR-1000 de la compañía AECL después de comprobar su viabilidad.
DCT2	Construcción en sitios nucleares existentes	Se han valorado y enumerado cerca de 10 sitios idóneos, es decir, se tienen 10 sitios propicios con capacidad para 2 plantas nucleares.

Económico y legal		
Indicadores		Futuro
DEL1	Construir casos de financiamiento basados en varios escenarios de demanda	Se sigue a la demanda y los respectivos casos de financiamiento son construidos.
DEL2	Actualización y fortalecimiento de la infraestructura legal	Se realizaron revisiones y reformas a la legislación nuclear actual.
DEL3	Actualización y fortalecimiento del cuerpo regulador	Existen programas de respaldo a la CNSNS en cuanto a conocimiento y experiencia, y existen programas y redes de asistencia para desarrollar recursos humanos, con la agencia reguladora del país proveedor en este caso la canadiense, complementado por las recomendaciones de la OIEA y otras organizaciones internacionales.

Construcción

Cuadro 28. Escenario Futuro: construcción.

Científico y técnico		
Indicadores		Futuro
CCT1	Desarrollo de arreglos contractuales para los actores involucrados	Existen arreglos contractuales entre el vendedor, los contratistas IPC, la SENER y la CFE, en lo referente a fechas de entrega, transferencia de tecnología y respaldo tecnológico.
CCT2	Reclutamiento	Se realizaron múltiples conferencias y campañas de promoción del programa nuclear.
CCT3	Recursos humanos y entrenamiento	Existen varios programas de respaldo y entrenamiento especializado al personal operador de la CFE en cuanto a conocimiento y experiencia por parte del proveedor.

Continuación...

Indicadores		Futurible
CCT4	Inversión en transporte e infraestructura cerca del sitio	La inversión en transporte e infraestructura civil y eléctrica, cerca de los sitios nucleares necesarios fue bien administrada.
CCT5	Sólida administración del programa	El personal de administración contratado aprobó varias evaluaciones realizadas por el personal a cargo del entrenamiento.
CCT6	Experiencia de construcción previa	Los contratos realizados entre la SENER, la CFE y la empresa proveedora de la tecnología, en lo que se refiere a transferencia de tecnología, así como la documentación de los proyectos realizados con anterioridad redujeron el porcentaje de participación extranjera.
CCT7	Colaboración para la identificación de necesidades futuras, capacidades tecnológicas y asimilación de la tecnología	Los contratos celebrados y programas emprendidos lograron la asimilación de la de tecnología adquirida.

Económico y legal

Indicadores		Futurible
CEL1	Apegarse a diseños estandarizados	Se generó un ahorro en tiempo y dinero con la utilización de estos diseños.

Operación

Cuadro 29. Escenario Futurible: operación.

Científico y técnico		
Indicadores		Futurible
OCT1	Participación en la NEA, OIEA, WANO, INPO, etc.	Se participa activamente en varios programas relacionados con estos organismos.
OCT2	Inversión en nuevas instalaciones de combustible nuclear	Nuestro país realizó las inversiones necesarias para revivir la industria del uranio.
OCT3	Invertir continuamente en el mantenimiento y mejoramiento de las plantas	La inversión destinada a la actualización y mantenimiento preventivo permitió el alargamiento de la vida útil de las plantas.

Económico y legal		
Indicadores		Futurible
OEL1	Desarrollar buenos contratos de combustible	Nuestro país utilizó en el comienzo del programa nuclear el mercado de suministro de combustible, pero a medida que avanzaba dicho programa, nuestro país revivió su industria uranífera y ahora es independiente.
OEL2	Internalización de los costos de desecho del CO ₂	El impuesto o penalización aplicada a la emisión de CO ₂ en la generación de energía eléctrica contribuyó a aumentar la competitividad económica de la energía nuclear, así como la de las energías no fósiles.

Desmantelamiento

Cuadro 30. Escenario Futurible: desmantelamiento.

Científico y técnico		
Indicadores		Futurible
DMCT1	Decidir una estrategia de desmantelamiento tan temprano como sea posible	Las estrategias y planes considerados para el desmantelamiento de las nuevas plantas ya han sido establecidas considerando todas las recomendaciones de la OIEA.
DMCT2	Desarrollo de alternativas para el manejo de los residuos radioactivos de alta actividad	Se ha localizado un posible emplazamiento geológico adecuado y se han evaluado sus condiciones.

Económico y legal		
Indicadores		Futurible
DMEL7	Contribuir a la buena definición del fondo según se requiera	Se estableció un fondo para el desmantelamiento de la planta.

Cultural, social y político

Cuadro 31. Escenario Futurible de los indicadores: Cultural, social y político.

Cultural, social y político		
Indicadores		Futurible
CSP1	Debates públicos y audiencias	Se llevaron a cabo una serie de debates y conferencias de consenso realizados entre el público, los expertos y el gobierno, antes de tomar la decisión de reintroducir el nuevo programa nuclear.
CSP2	Aceptación pública de las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares	Se invirtió en campañas de información adecuada, a la población implicada, así como a la población en general; la inversión en medios de difusión masiva fue adecuada y multimediatizada.
CSP3	Obtener un pacto de apoyo político	Se realizaron varios programas de provisión de información a los actores involucrados, resaltando las ventajas de la utilización de la energía nuclear.
CSP4	Enfatizar las ventajas medioambientales de la energía nuclear	Se realizaron varias campañas de información al público resaltando los beneficios ambientales de la energía nuclear respecto a la generación por medio de energías fósiles.

5.4.3 Planeación estratégica.

El siguiente paso en este desarrollo es el de la definición de la planeación estratégica, delimitando escenarios estratégicos, acciones estratégicas y los requerimientos necesarios para la implementación de la estrategia a seguir. Es así que en el siguiente inciso se definen los escenarios estratégicos.

Escenarios Estratégicos

El inicio del PREN involucra bastantes actividades complejas e interrelacionadas de larga duración. En la publicación del 2007 de la OIEA “*Considerations to Launch a Nuclear Power Program*”, se menciona que el tiempo entre que una política inicial por el estado es considerada para utilizar a la energía nuclear hasta el inicio de operaciones de la primera planta nuclear producto de la puesta en marcha de ese programa, es de alrededor de 10 a 15 años. Este periodo consiste de tres grandes fases.

- Consideraciones previas a que la decisión de lanzar el programa de energía nuclear es tomada;
- Preparativos para la construcción después de que una política ha sido tomada; y
- Actividades para implementar el programa nuclear.

Para un estado en que ya se ha introducido un primer programa de energía nuclear como México, en el mejor de los casos este rango puede reducirse hasta 10 años, en caso de tratarse de un estado con una base técnica fuerte, pero desgraciadamente México no puede jactarse de poseer dicha característica. Es por esto que se proponen los siguientes escenarios estratégicos, Hasta 2015, 2016-2025, 2026-2040, mas allá del 2040.

Utilizando los escenarios estratégicos, a continuación se presenta un cuadro en el que se define en que horizonte se planea lograr alcanzar el estado requerido de cada indicador en el escenario futurible, es por así decirlo nuestra fecha límite.

Cuadro 32. Escenarios estratégicos.

	Hasta 2015	2016-2025	2026-2040	mas allá del 2040
Desarrollo		DCT1, DCT2, DEL2 DEL1, DEL3		
Construcción		CCT1, CCT2, CCT4 CCT3	CCT5, CCT6, CCT7	
			CEL1	
Operación		OCT1, OEL1, OEL2		
			OCT2, OCT3	
Desmantelamiento			DMEL7	DMCT1, DMCT2
Cultural, social y político	CSP1, CSP2, CSP3, CSP4	CSP2		

Acciones Estratégicas

A continuación se proponen una serie de acciones estratégicas que tienen el propósito de explicar por dónde, cuándo y con qué conviene ir, Son propuestas de esfuerzos sistemáticos para establecer y concretar el escenario futuro.

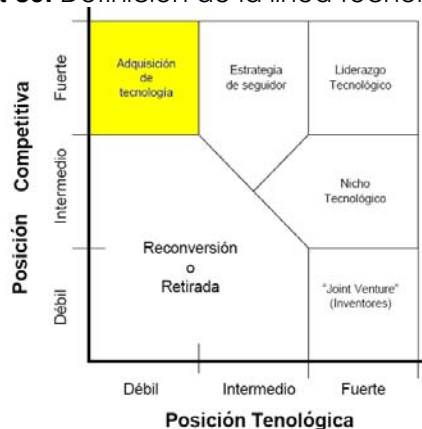
Cuadro 33. Acciones estratégicas.

Estrategias FO	
1	Adquisición de la aprobación pública y apoyo político para la utilización de la energía nuclear y las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares.
2	Actualización y fortalecimiento del marco legal.
3	Mantenimiento del cuerpo regulador y desarrollo de un sistema de licenciamiento y verificación que supervise de acuerdo a los estándares de protección y seguridad de la OIEA.
4	Provisión de un adecuado respaldo tecnológico, transferencia de la tecnología y adquisición de recursos humanos competentes para la administración de todos los aspectos del programa nuclear.
Estrategias DA	
5	Desarrollar un programa que cumpla con todos los aspectos técnicos relacionados con el Programa de Reintroducción de la Energía Nuclear (PREN).
6	Provisión de seguridad en el suministro de combustible.
7	Aplicación de instrumentos económicos y directivas para aumentar la competitividad económica de la energía nuclear.

5.5 Definición de líneas tecnológicas.

La definición de las líneas tecnológicas se hacen en función de dos variables: la posición competitiva y la posición tecnológica de la organización, considerando las características descritas a lo largo de este capítulo en lo que respecta a las capacidades de la CFE a lo largo de su historia con la energía nuclear, puede observarse que la CFE posee una posición competitiva fuerte y una posición tecnológica débil, lo que la coloca en el quinto segmento de las líneas tecnológicas mencionadas en el capítulo anterior, denominado *Adquisición de tecnología*.

Figura 59. Definición de la línea tecnológica.



En este segmento la organización, es decir, la CFE se deslinda casi por completo de la investigación y desarrollo de tecnología. Adquiere los insumos tecnológicos, o cuando más, patentes y licencias y es exclusivamente usuario de las mismas; se dedica principalmente a proporcionar servicios. Esta estrategia implica una fuerte posición competitiva pero, al no participar en los procesos de investigación y desarrollo no posee posición tecnológica; en consecuencia tiene una dependencia absoluta ya sea de los seguidores o de los líderes tecnológicos.

5.6 Definición del grado de dependencia tecnológica.

La definición del grado de dependencia tecnológica se hace a partir de la línea tecnológica en que se encuentra la organización, es por esto que el grado de dependencia tecnológica de la CFE se define como una *Dependencia completa*; ya que en el caso de la tecnología CANDU, se desconoce el producto y el proceso y las decisiones están en manos del proveedor de la tecnología.

5.7 Proceso de asimilación tecnológica.

No existe una receta para lograr la asimilación de la tecnología. No obstante, se debe definir en dónde se está y a dónde se quiere llegar en materia tecnológica. Para crear una industria dedicada al desarrollo de la energía nuclear, aumentando empleos y desarrollo tecnológico, a grandes rasgos se deben realizar las siguientes acciones:

- Detectar la tecnología disponible en el mercado que pudiera resultar la apropiada de acuerdo a las necesidades nacionales, una vez comprobada su viabilidad financiera y técnica, en este caso se decide utilizar la tecnología del reactor ACR-1000.
- Establecer convenio con el fabricante para incluir personal que inicie el proceso de asimilación.
- Establecer convenios con las Instituciones de Educación Superior dando prioridad a los procesos de vinculación para establecer mecanismos permanentes de Investigación y Desarrollo (I+D).
- Iniciar el proceso de asimilación de acuerdo a los tiempos establecidos desde la dependencia hasta la autosuficiencia, aproximadamente 30 años.
- Crear una industria nacional dedicada al desarrollo de la energía nuclear.
- Mantener procesos y productos en constante optimización para lograr la autosuficiencia.

A continuación se definen los grados de asimilación tecnológica de acuerdo a un tiempo establecido, desde la dependencia hasta la autosuficiencia, aproximadamente 30 años.

Cuadro 34. Grados de asimilación tecnológica.

Grado de asimilación	Definición	Propuesta
Dependencia completa (5 años)	Se desconoce el producto y el proceso. Las decisiones están en manos del propietario de la tecnología.	1. Adquisición de la aprobación pública y apoyo gubernamental. 2. Firma de contratos por parte de la CFE para asimilar la tecnología, es decir, cláusulas contractuales en donde CFE se comprometa a comprar cierta cantidad de maquinaria (tecnología) al proveedor, a cambio de que dicha empresa capacite a personal mexicano para el mantenimiento de dicha maquinaria. 3. Documentación de los proyectos realizados.
Dependencia relativa (5 años)	Hay experiencia en producir el producto. Las decisiones locales se limitan a nivel de pregunta o sugerencia con base en criterios propios. No se conoce la flexibilidad del proceso.	1. Desarrollo de arreglos contractuales entre la CFE y los contratistas IPC, así como con los proveedores de la tecnología, basándose en un sistema de incentivos y penalizaciones. 2. Proyectar el diseño y fabricación de los primeros reactores apoyándose en el personal capacitado anteriormente por la compañía nucleoelectrónica extranjera.
Creatividad incipiente (5 años)	Se inician adaptaciones y sustituciones en materias primas, diseño y especificaciones mínimas adecuadas. Cualquier modificación requiere de la participación del licenciador.	1. Mantenimiento y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y de los servicios de apoyo necesarios para la potenciación de la energía nuclear. 2. Monitoreo de reservas de combustible nuclear. 3. La industria nuclear mexicana hará adaptaciones y mejoras propias.
No dependencia (5 años)	Se empieza a capitalizar el cambio menor. La mejora evolutiva y la curva del aprendizaje, basándose en la operación de la misma planta.	1. La industria nuclear mexicana comenzará a ser independiente tecnológica y financieramente, por lo que terminará contratos (o no los renovará) con industrias nucleares extranjeras. 2. Las importaciones de insumos y maquinaria para la fabricación de reactores, se reducirá paulatinamente hasta llegar a tener una industria nuclear autosuficiente. 3. Se participará activamente en organismos internacionales relacionados con la generación de energía nuclear. 4. Se invertirá en nuevas instalaciones relacionadas con el ciclo de combustible nuclear.
Autosuficiencia (5 años)	Se generan productos y procesos nuevos por extrapolación. Se puede competir con el licenciario en nuestro mercado, sin necesidad de protección contra las importaciones. No hay dependencia de un solo proveedor de materia prima, equipo, refacciones o servicio.	1. Crear o afiliar empresas mexicanas para proveer de materias primas, refacciones o de diversos elementos que conforman una planta de energía nuclear, teniendo varios proveedores, creando empleos e incentivando el desarrollo social del país. 2. Se es autosuficiente en cuanto a reservas de combustible.

5.8 Elaboración de la estrategia.

Estrategia 1	Adquisición de la aprobación pública y apoyo político para la utilización de la energía nuclear y las tecnologías y sistemas de almacenamiento de residuos nucleares.		
Programa de adquisición de la aprobación pública y obtención de apoyo político			
Objetivos:	Participación de la sociedad	Realización de debates antes de tomar la decisión de reintroducir un nuevo plan nuclear.	
		Celebración de conferencias de consenso entre público, expertos y gobierno.	
	Provisión de información	Público	Utilización de los medios de difusión masivos: Spot televisivos, periódico, radio, Internet, etc....
			Realización de consultas públicas, que involucren a comunidades locales, líderes, políticos, organizaciones no gubernamentales y otras asociaciones civiles.
	Apoyo político	Se realizaron varios programas provisión de información a los actores involucrados, resaltando las ventajas de la utilización de la energía nuclear.	
Estrategia 2	Actualización y fortalecimiento del marco legal		
Programa de actualización legal			
Objetivos:	Actualización y fortalecimiento de la infraestructura legal	Legislación	Realización de revisiones a la legislación nuclear actual
			Realización de reformas a la legislación nuclear actual
Estrategia 3	Mantenimiento del cuerpo regulador y desarrollo de un sistema de licenciamiento y verificación que supervise de acuerdo a los estándares de protección y seguridad de la OIEA		
Programa de actualización y fortalecimiento del cuerpo regulador			
Objetivos:	Recursos humanos y entrenamiento	Instauración del programa de respaldo tecnológico para la CNSNS.	
		Implementación de redes de asistencia para la CNSNS encaminadas a desarrollar recursos humanos.	
	Aspectos Reguladores	Realización de arreglos y planes efectivos para asegurar que las funciones reguladoras y las responsabilidades relacionadas se encuentran apropiadamente identificadas, descargadas y coordinadas.	
		Instauración y actualización de las normas para el proceso de autorización del establecimiento, diseño, operación y procesos de descarga al ambiente.	
		Instauración y actualización de las normas de revisión y seguridad de las instalaciones a lo largo de su vida.	

Estrategia 4	Provisión de un adecuado respaldo tecnológico y de transferencia de la tecnología y adquisición de recursos humanos competentes para la administración de todos los aspectos del programa nuclear		
Programa de Independencia tecnológica y gestión del conocimiento			
Objetivos:	Mantenimiento y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y de los servicios de apoyo necesarios para la potenciación de la energía nuclear	Reclutamiento	Celebración de conferencias y realización de campañas de promoción para que los jóvenes reciban mejor información sobre las oportunidades en la formación y especialización en el estudio de todos los ámbitos relacionados a la energía nuclear.
		Recursos humanos y entrenamiento	Desarrollo del programa de respaldo tecnológico para la CFE en cuanto a conocimiento y experiencia.
			Desarrollo del programa de entrenamiento especializado al personal de la CFE por parte del proveedor de la tecnología.
		Mantenimiento y fortalecimiento de las capacidades formativas y creación de las infraestructuras investigadoras necesarias para la potenciación de la energía nuclear	Colaboración para la identificación de necesidades futuras y capacidades tecnológicas
	Desarrollo gradual de proveedores locales.		
	Asimilación de la tecnología		Instauración de acuerdos de transferencia de tecnología como parte del contrato con el proveedor.
			Desarrollo del programa académico nacional para la educación e investigación técnica y científica donde se aproveche la experiencia del personal que se retira.
			Establecer un convenio con el proveedor de la tecnología para incluir personal que inicie el proceso de asimilación y evalúe al personal contratado para la administración del programa.
			Documentación de los proyectos realizados.
		Participación activa en organismos internacionales relacionados con la generación de energía nuclear.	

Estrategia 5	Provisión de seguridad en el suministro de combustible	
Programa de reavivamiento de la industria uranífera nacional		
Objetivos:	Contratos de combustible	Utilización del mercado mundial de combustible nuclear. Monitoreo de reservas de combustible nuclear.
	Desarrollo de la infraestructura	Inversión en nuevas instalaciones relacionadas con el ciclo de combustible nuclear.

Estrategia 6	Aplicación de instrumentos económicos y directivas para aumentar la competitividad económica de la energía nuclear	
Programa de competitividad económica de la energía nuclear		
Objetivos:	Internalización de los costos de desecho del CO ₂	Mecanismo de penalización a las emisiones de CO ₂ .
	Incremento del tiempo de operación	Instauración de normas que establezcan una estrategia de actuación a largo plazo, contemplando el desarrollo de estándares regulatorios, su ámbito de aplicación y los plazos temporales necesarios.
		Monitoreo y calendarización de programas para el mantenimiento y renovación de las instalaciones nucleares.
	Ahorro	Utilización de diseños estandarizados de reactores nucleares.
Estrategia 7	Desarrollar un programa que cumpla con todos los aspectos técnicos relacionados con el PREN	
Programa de generación de energía nuclear		
Objetivos:	Desarrollo	Valoración de sitios propicios para la construcción de nuevas centrales nucleares.
	Construcción y operación	Desarrollo de arreglos contractuales entre la CFE y los contratistas IPC, así como con los proveedores de la tecnología, basándose en un sistema de incentivos y penalizaciones.
		Inversión en infraestructura civil y eléctrica, cercana al sitio en donde se encontrarán las nuevas instalaciones nucleares.
		Construcción y explotación comercial de un reactor ACR-1000 de la compañía AECL, una vez probada su viabilidad técnica y económica
	Desmantelamiento	Desarrollo del programa de estandarización para el desmantelamiento de las instalaciones nucleares
		Desarrollo del programa de ubicación de depósitos de almacenamiento de residuos radioactivos.

5.9 Puesta en marcha.

El estudio de prospectiva realizado analiza el papel de la energía nuclear como una opción existente para cubrir las futuras necesidades de energía, que debe evaluarse junto con las restantes opciones existentes, en función de criterios sobre capacidad de generación, costes, seguridad, eficiencia y efectos ambientales.

A corto plazo se configura un escenario en el que es necesario mejorar las redes de comunicación entre los técnicos del sector, el público y los responsables de la toma de decisiones para superar la mala percepción y el desconocimiento existente sobre la energía nuclear, mediante actividades que informen sobre sus ventajas e inconvenientes respecto a otras tecnologías disponibles. La implantación de medidas económicas que permitan internalizar todos los costos cuantificables asociados a la generación de electricidad, incluyendo posibles beneficios externos, influirá de manera muy importante sobre cual será la contribución de la energía nuclear a la producción de electricidad en los próximos 20 años.

La situación actual requiere abrir un debate sobre el futuro energético en el ámbito nacional buscando un consenso entre los partidos políticos, expertos en energía y la sociedad para garantizar que todos los implicados conozcan el alcance de las decisiones que es necesario tomar y su justificación. El debate debe analizar la contribución de las energías renovables para cubrir la demanda esperada, el papel de las medidas de eficiencia energética, la necesidad de seguir utilizando los combustibles fósiles y cómo utilizar la energía nuclear, junto con los problemas y soluciones asociados a su utilización.

La puesta en marcha de este estudio prospectivo, es el último paso en el proceso simplificado de una prospectiva estratégica, y también es la materialización de todo este estudio. Es por esto que obviamente se requiere de la participación de los actores involucrados mencionados anteriormente como la CFE, SENER etc... para implantar éstas estrategias propuestas, debido a los alcances de este estudio solo se presentan una serie de recomendaciones para la implementación de estas estrategias a continuación:

La implantación de la estrategia anteriormente propuesta, es un proceso básicamente administrativo interno, mientras que la creación de la estrategia es principalmente una actividad empresarial, por lo que, para implantar con éxito una estrategia se debe trabajar en un ambiente bien organizado y motivar al personal, para así desarrollar una cultura y ajustes entre la estrategia y el modo de operar de la organización.

La implantación de la estrategia implica convertir el plan estratégico en acciones y después en resultados. La implantación tiene éxito si la compañía logra sus objetivos estratégicos y los niveles planeados de rendimiento financiero.

Lo que contribuye a que este proceso sea tan exigente es la extensa gama de actividades gerenciales que hay que atender, las muchas maneras por medio de las cuales pueden los directivos abordar cada actividad, la habilidad que se necesita para que se lance una variedad de iniciativas y éstas funcionen, y la renuencia al cambio que se tiene que superar.

Cada situación de implantación de la estrategia es tan especial que requiere su propio programa de acciones específico. La estrategia se debe implantar de manera que se ajuste a la situación de la organización. Los directivos deben considerar la naturaleza de la estrategia así como la cantidad de cambio estratégico que se necesita (cambiar hacia una nueva estrategia audaz presenta más problema de implantación que hacer pequeños cambios en la estrategia existente).

Los detalles de la implantación de la estrategia son específicos de cada situación, pero se tienen que cubrir ciertas bases administrativas sin importar cuál sea la situación de la organización. Dependiendo de las circunstancias de la organización, algunas de estas tareas serán más importantes y tomarán más tiempo que otras. Para diseñar un programa de acciones, los directivos tienen que determinar cuáles son las condiciones internas necesarias para ejecutar con éxito la estrategia y después crear estas condiciones tan rápidamente como resulte práctico.

La clave de la implantación exitosa es la unión de toda la organización apoyando la estrategia y la seguridad de que todas las actividades y tareas administrativas importantes se hagan de manera tal que cumplan con los requisitos para la ejecución de una estrategia de primer orden y que junto con el entusiasmo y el compromiso estratégico, se tenga un esfuerzo gerencial para crear una serie de “ajustes” que apoyen la estrategia. La estructura interna de la organización debe ajustarse a la estrategia. Se deben desarrollar las habilidades y capacidades necesarias en la organización. La asignación de presupuestos y de recursos debe apoyar la estrategia, y se debe proporcionar personal y presupuesto a los departamentos para que efectúen sus funciones estratégicas asignadas. La estructura de recompensas, las políticas, el sistema de información y las prácticas operativas de la compañía necesitan reforzar el impulso para ejecutar con efectividad una estrategia, en contraposición a tener un papel pasivo o, peor aún, a actuar como obstáculo.

Igualmente importante es el hecho de que los gerentes deben hacer las cosas de tal manera y estilo que se cree y fomente un ambiente de trabajo que apoye la estrategia y una cultura corporativa. Cuanto más fuerte sean los ajustes en apoyo de la estrategia que se creen a nivel interno, mayores serán las oportunidades de lograr una implantación con éxito.

La implantación de la estrategia incluye a todas las unidades de la organización, desde la oficina principal hasta cada departamento operativo, los cuales deben preguntarse. “¿Qué debemos hacer para contribuir con nuestra parte del plan estratégico y cuál es la mejor manera de hacerlo?”

Otro de los factores determinantes en la implantación exitosa de la estrategia es la eficiencia con la cual la gerencia dirija el proceso. Los implantadores pueden ejercer el liderazgo de diversas maneras. Pueden tener un papel activo y visible u otro velado y moderado. Pueden tomar decisiones de manera autoritaria o sobre la base del consenso, delegar mucho o poco, involucrarse personalmente en los detalles o permanecer atrás de la barrera y capacitar a otros, proceder con rapidez (lanzando iniciativas de implantación en muchos frentes) o pausadamente (trabajando para obtener un avance gradual a largo plazo).

La manera como los directivos dirigen la tarea de implantación tiende a estar en función de: (1) su experiencia y conocimiento acumulado de la empresa; (2) si son nuevos en el trabajo o titulares desde hace tiempo; (3) su red de relaciones personales en la organización; (4) sus propias capacidades de diagnóstico, administrativas, interpersonales y de solución de problemas; (5) la autoridad que se les ha otorgado; (6) el estilo de liderazgo con el que se sienten cómodos; y (7) sus puntos de vista con respecto al papel que deben desempeñar para que se hagan las cosas.

Un factor que altera el enfoque de un directivo frente a la implantación de la estrategia es el contexto de la situación de la organización: la gravedad de las dificultades estratégicas de la compañía, la naturaleza y magnitud del cambio estratégico necesario, el tipo de estrategia que se está implantando, la fuerza de cualquier conducta arraigada que se necesite cambiar, los recursos financieros y de la organización disponibles para trabajar, la configuración de las relaciones personales y de la organización en la historia de la compañía, las presiones para obtener resultados rápidos y mejorar el rendimiento financiero a medio plazo, y otros factores similares que constituyen la “cultura” y el clima laboral generalizado de la compañía. La situación interna de cada compañía es única, por lo que los directivos suelen tener que adaptar su programa de acciones para que concuerde con ella. Los implantadores de la estrategia exitosos consideran con cuidado todas las ramificaciones internas al implantar una estrategia nueva y diagnostican detalladamente las prioridades de acción y la secuencia en la que se deben hacer las cosas; después empiezan a mover su organización y la siguen impulsando.

En otras palabras, el centro de toda estrategia es la obtención de beneficios a partir de los recursos y capacidades que controla la empresa, como son sus activos físicos y financieros, el capital humano, los activos intangibles como marcas, reputación, "saber-hacer", experiencia y tecnología. Las capacidades son básicamente consecuencias de la acción de la dirección para movilizar los recursos mediante la generación de un sistema de rutinas organizativas y de una cultura, resultado de un proceso de aprendizaje colectivo.²³⁶

236 Reyes García, Fernando Enrique. Definir Una Estrategia De Uso de la Energía Eólica Para Generar Electricidad en México. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2007.