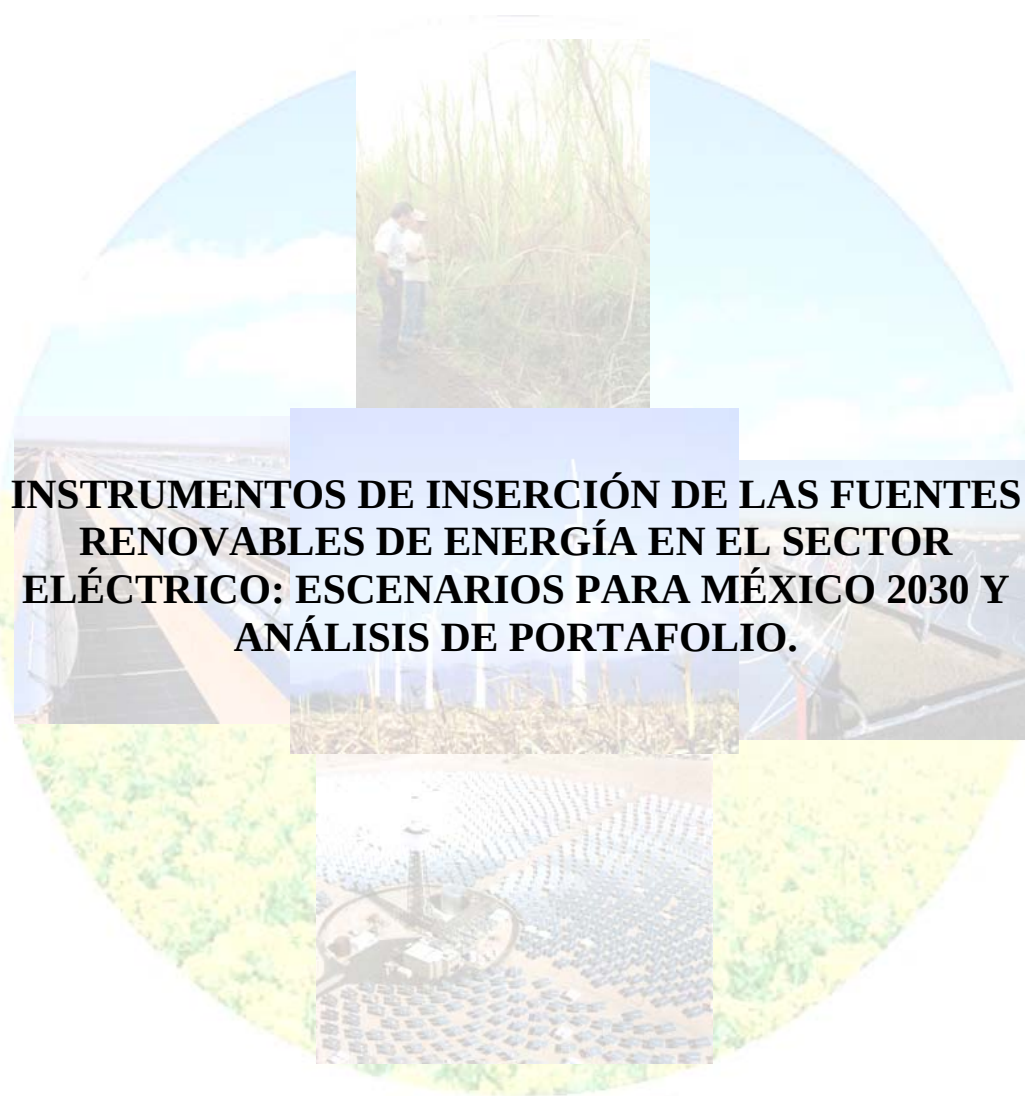




**INSTRUMENTOS DE INSERCIÓN DE LAS FUENTES
RENOVABLES DE ENERGÍA EN EL SECTOR
ELÉCTRICO: ESCENARIOS PARA MÉXICO 2030 Y
ANÁLISIS DE PORTAFOLIO.**

Protocolo de Investigación de Doctorado

que presenta

Pas M. en I. Genice Kirat Grande Acosta
para realizarse en el Posgrado de Ingeniería
CIE-UNAM

Tutor

Dr. Jorge M. Islas Samperio

Diciembre 2006.

INTRODUCCIÓN

Dos temas importantes han estado en la mesa de debate a nivel mundial en los últimos años, por un lado los efectos negativos del uso de combustibles fósiles: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y sus contribución al cambio climático, además de las emisiones de otros contaminantes precursores de la lluvia ácida y sus impactos en la salud humana y ecosistemas. Por otro lado, que este patrón en el consumo energético pone en riesgo en el desarrollo económico de muchos países debido al agotamiento de las reservas probadas de hidrocarburos y el alza de sus precios.

En el primer tema, según el último Reporte del Grupo de Trabajo I [1] (WGI por sus siglas en Inglés) del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) la temperatura promedio de la superficie de la Tierra se ha incrementado en 0.6 ± 0.2 °C durante los últimos 100 años; la cobertura de nieve y la extensión del hielo han decrecido y el nivel medio del mar se elevó entre 0.1 m y 0.2 m durante el siglo veinte. Asimismo, confirma que las concentraciones de emisiones GEI en la atmósfera (CO_2 , N_2O y CH_4) se siguen incrementando como resultado de las actividades humanas y tienden a provocar un mayor calentamiento global.

En el segundo tema, diversos autores [2-7] revelan que las reservas técnica y económicamente explotables de petróleo están a punto de llegar a su cenit (entre 2006 y 2010), denominando a este problema como el “Cenit del Petróleo”¹ basándose en la teoría de Hubbert. En [8] se prevé un riesgo en las economías del mundo debido a que el cenit del petróleo representaría un desabasto de petróleo lo que implicaría un alza de precios y como consecuencias el encarecimiento de bienes y servicios, inflación, desempleo, recesión, entre otros.

Dados los problemas mencionados las políticas de energía y de medio ambiente, en curso en varios países, se están orientando a favorecer un desarrollo más rápido de nuevas trayectorias tecnológicas que propicien la descarbonización (reducción de emisiones de CO_2) [9-10] de los sistemas energéticos en general y de los sectores eléctricos en particular. Esto a su vez ha dado lugar a que en los últimos años se haya abierto de nuevo el debate sobre el papel que pueden jugar las fuentes renovables de energía en el mediano y largo plazos [11], pero esta vez en el contexto de la problemática del cambio climático y diversificación energética, particularmente en el sector eléctrico al cual se le responsabiliza de generar el 40% [12] de las emisiones de GEI.

En este contexto, diversos países han considerado dentro de sus políticas de energía criterios como el riesgo del cambio climático [10] y se eliminan los sistemas de desarrollo no sustentables [13], por un lado, y crear una diversificación que elimine el riesgo en el abastecimiento energético por otro lado. En consecuencia el consumo de combustibles fósiles no seguirá creciendo indefinidamente si los países cumplen con sus compromisos y, ante todo, si tratan de disminuir los riesgos para la salud y los que influyen en el cambio

¹ Hubbert demostró que la evolución que experimenta la explotación de cualquier pozo petrolífero sigue una curva en forma de campana, llamada “curva de Hubbert” y el cenit del petróleo es el término que se aplica a la parte superior de esta curva, es decir, al tramo en el que se logra la máxima producción, y se alcanza cuando se ha extraído aproximadamente la mitad del petróleo existente inicialmente. [7]

climático. Este reconocimiento de cambiar los sistemas energéticos no sustentables ha provocado que en varios países incluyendo México se aliente el desarrollo de nuevas fuentes de energía, en particular las fuentes renovables de energía [14].

Por otro lado, el progreso tecnológico de las fuentes renovables de generación eléctrica, en particular la biomasa, geotérmica, solar fotovoltaica, solar fototérmica y eólica, ha sido importante al grado de rebasar las expectativas relacionadas con las mejoras de sus costos [15]. Esto ha significado que algunas de estas tecnologías sean ya competitivas y otras estén en el umbral de serlo [16]. Se prevé que este progreso tecnológico va a continuar en el futuro próximo y en el lejano [17]. Esto como consecuencia de la incorporación de instrumentos o dispositivos de inserción en diversos países que han contribuido a un avance en el desarrollo de industrias de tecnologías renovables.

En este contexto, de acuerdo a un análisis de la evolución de las fuentes renovables de energía (FRE's) que incluye varios sectores, para el sector eléctrico en particular, se han implementado varios instrumentos para la inserción masiva de estas fuentes, a saber [18]: 1) modelo tarifas² garantizadas, 2) modelo de cuotas obligatorias³ y certificados verdes⁴, 3) modelo basado en licitaciones⁵ y 4) modelo de incentivos fiscales.

En el caso del modelo de tarifas o primas garantizadas han contribuido, en países donde se ha aplicado como son Alemania, Dinamarca y España, a un incremento en la instalación de la capacidad eólica. Debido a que su principal ventaja es que da certeza en el largo plazo y baja el riesgo de inversión, lo cual ha bajado los costos de capital considerablemente en estos países, traducándose en menores costos para la sociedad.

En el caso del modelo basado en licitaciones, la ventaja que tienen es que enfoca la atención en oportunidades de inversión en energías renovables y la competitividad como parte de su diseño, sin embargo, su desventaja es que la penetración de las energías renovables ha sido lento bajo este esquema.

Los incentivos fiscales incluyen créditos a la inversión y la aplicación de tasas de amortización aceleradas, este modelo por sí solo no provoca un gran incentivo en invertir en FRE's pero puede ser un instrumento complementario de los otros modelos considerados.

Un sistema reciente es el de cuotas obligatorias y se considera estar más acorde a los lineamientos de mercado y a políticas de competencia ya que incentiva reducciones en los

² Estos sistemas se caracterizan por un precio específico, fijado en principio por un período de 15 o 20 años, que deben abonar las empresas eléctricas, generalmente los distribuidores, a los productores nacionales de electricidad generada a partir de fuentes renovables.

³ Se utiliza en 5 países Suecia, Reino Unido, Italia, Bélgica y Polonia. En este sistema se impone un mínimo de proporción de E-FER en los consumidores y productores y se combina frecuentemente con un mercado de certificados verdes.

⁴ Se utilizan actualmente en Suecia, Reino Unido, Italia, Bélgica y Polonia. La energía de FRE se vende a los precios del mercado de la energía convencional. A fin de financiar el costo adicional del suministro de energía procedente de fuentes renovables y de garantizar que se produzca la cantidad deseada, todos los consumidores están obligados a adquirir un determinado número de certificados verdes a los productores de E-FER de acuerdo con un porcentaje fijo, o cupo, de su consumo/producción total de electricidad.

⁵ En este procedimiento, el Estado convoca una serie de concursos para el suministro de E-FER, que lleva a establecer el mejor precio por kwh del proyecto. Los costos suplementarios que se derivan de este mejor precio y el precio del mercado eléctrico se repercuten en el consumidor final de electricidad a través de un gravamen específico.

costos de corto plazo, sin embargo, las desventajas de estos sistemas se perciben como incipiente, complejo y un cierto riesgo de apoyar sólo tecnologías de bajo costo.

Cada país ha implementado combinaciones de diversos instrumentos para la incorporación masiva de fuentes renovables en el sector eléctrico, se resalta el hecho de que el aspecto más importante en el desarrollo de la energía renovable está en el diseño y la implementación del sistema de soporte que incluye a estos instrumentos y la configuración institucional.

En este sentido se entiende que un buen sistema de fomento abarca los siguientes aspectos:

- Diseño e implementación de instrumentos de política de fomento de FRE.
- Ajuste institucional acorde que sea claro y de largo plazo
- Identificación y solución a las barreras de mercado
- Atención en la solución a los problemas de conexión a la red (restricciones físicas y transparencia en los costos de conexión)

Además de los beneficios ambientales y el progreso tecnológico que se prevé, las energías renovables son apreciadas también por su potencial en la diversificación energética, el empleo que pueden generar, principalmente en pequeñas y medianas empresas, el desarrollo regional, la transferencia de tecnología y la cooperación internacional [19-20].

Sin embargo, para México se hace necesario un marco de información y conocimiento para que la incorporación de las FRE's en el sector eléctrico se realice atendiendo a la problemática siguiente. Por un lado el riesgo debido a la indisponibilidad de reservas probadas de petróleo en México (que a los niveles de producción actuales se calcula que sería en 11 años) [21] y sus consecuencias, en términos de seguridad energética y de crecimiento económico, y por el otro lado, a las presiones para mitigar el cambio climático y otros impactos ambientales. En consecuencia la presente investigación de tesis doctoral que se propone sobre el análisis de los instrumentos de inserción de las FRE's con base en la experiencia internacional y su adaptación al Sector Eléctrico Mexicano (SEM) atendiendo su contexto y funcionamiento, así como la construcción de escenarios donde la premisa primordial es la evaluación de estos instrumentos en términos tecnológicos, económicos y ambientales.

Por lo que, este trabajo no solamente es original, y que atiende un problema nacional, es también relevante en el plano académico debido a que es un estudio multidisciplinario que utilizará conocimiento proveniente de la economía industrial, de las instituciones, del cambio tecnológico, de la planeación sectorial y de las finanzas. Sobre este último punto es de destacar que se evalúa el costo del riesgo de la indisponibilidad de hidrocarburos, por lo que también se propone una evaluación de riesgo basados en la teoría de portafolios de los escenarios con FRE's en el SEM contruidos.

ANTECEDENTES

En el plano mundial la investigación sobre escenarios en el sector eléctrico para fuentes renovables de energía en el contexto que acabamos de mencionar, es reciente y data de los inicios de los años 90. En este campo sobresalen los trabajos de Corbus, et. al. [22], Johansson, et. al. [23], WEC [24], Palz [25], Honji, et. al. [26], Comisión Europea [27],

Mourelatos, et. al. [28], Nakicenovic, N. et. al. [29], Wohlgermuth, N. [30], Suganthi, L. et. al., [31], Hadley, S. W. [31]. Nakicenovic, et. al. [29] expresa que una metodología rigurosa y científica exige que cada escenario esté basado en un conjunto de hipótesis consistente internamente y reproducible sobre relaciones claves y factores de cambio, que se deriva del estudio histórico y corriente de la situación que se analiza. Asimismo, se señala, que la formalización en la construcción de escenarios pasa por el desarrollo de modelos formales de representación. El problema de vanguardia en este campo de conocimiento es el de la construcción de escenarios posibles o deseables en donde se evalúan paso por paso las consecuencias (en términos deterministas o probabilísticos) de modificaciones específicas en las políticas, instituciones y tecnologías presentes. Esto da lugar a la investigación de procesos no lineales como la construcción de escenarios de transición hacia sectores eléctricos sustentables.

La teoría de la construcción de escenarios tiene los siguientes principios fundamentales [32-33]: 1) El futuro no está predeterminado, es creado; 2) El futuro emerge del presente y está sustentado por el pasado; 3) El objetivo primario no es reformar el presente sino entender las posibilidades y consecuencias de planes específicos para el futuro; 4) La formulación de planes está influenciada por los valores y creencias de las personas que los crean; 5) Los términos “mejor” y “deseable” tiene connotaciones subjetivas; 6) El desarrollo de escenarios permite concentrar la atención sobre una visión de largo plazo de posibilidades futuras; 7) Un escenario para ser útil tiene que ser relevante, integral, hipotético y plausible.

En el plano internacional, la construcción de escenarios de fuentes renovables para generación de electricidad ha progresado hacia la investigación de las siguientes modificaciones específicas [22-31]: la demanda de energía, la disponibilidad del recurso, restricciones de infraestructura, mejoras en las eficiencias, costos de las tecnologías, sustitución de combustibles, y cada vez más en años recientes, restricciones ambientales, aceptación social, metas de empleo, impuestos fiscales, subsidios, desregulación, investigación y desarrollo, permisos de emisiones de CO₂, créditos fiscales a la producción, portafolios de fuentes renovables. Los modelos de representación de escenarios que han sido desarrollados o adaptados a estos estudios son STAIR, MARKAL, Scenario Generator, 11R, MESSAGE III, RAINS, MAGICC, BLS, SAFIRE, CEF-NEMS, POLES, INVERT y los resultados que generan son evaluaciones en términos físicos, ambientales (emisiones de CO₂ y SO₂), de inversiones de capital y de costos económicos. La gran mayoría de estos estudios formulan escenarios mundiales y por región y solamente algunos por país.

En el plano nacional han sido relativamente pocos los esfuerzos para desarrollar investigación sobre la construcción de escenarios en el sector eléctrico para fuentes renovables de energía. El primer estudio serio en México sobre el potencial de las fuentes renovables de energía para la generación eléctrica se remonta a mediados de los años 80 con el trabajo de Alonso, et. al. [34]. En él se hace un análisis del estado actual de desarrollo tecnológico de las energías renovables, se evalúa su potencial de aplicación en México y se hace prospectiva sobre su desarrollo tecnológico futuro, sin embargo, no cristaliza este estudio en la creación de escenarios como tales.

En los años 90 Martínez, et. al. [35], Corbus, et. al. [36] y Rodríguez, et. al. [37] presentan estudios relacionados con el potencial de las fuentes renovables para producción de energía

en México. En estos estudios se hace investigación sobre la disponibilidad de los recursos renovables en México y sobre las tecnologías potenciales para aprovechar las fuentes renovables de energía evaluadas, los cuales se cristalizan en la creación de las primeras bases de datos. Asimismo en estos trabajo se plantea un programa de investigación que incluya la introducción de normas de las tecnologías de las fuentes renovables, precios reales de energéticos, mecanismos de financiamiento, desarrollo de capacidades técnicas y profesionales para apoyar la fabricación y la operación y mantenimiento de las tecnologías renovables y metas de penetración de fuentes renovables en México. Por último, se plantean procesos para evaluar y seleccionar las tecnologías de fuentes renovables de energía. Sin embargo, estos trabajos tampoco desembocan en la construcción de escenarios de fuentes renovables para producción de energía. En otro trabajo, de mediados de los 90, Alonso, et. al. [38] se elaboró escenarios para el SEM en donde se considera la participación de la hidroelectricidad, bagazo y leña como fuentes renovables de energía. Sin embargo, sus escenarios son básicamente de tipo tendencial y se concentran en estimar los consumos de energía primaria del sector eléctrico, la capacidad por tipo de plantas y la producción de electricidad. La crítica principal es que estos escenarios no consideran modificaciones a los patrones y a la estructura histórica de crecimiento y uso de recursos y tecnologías para la generación eléctrica. Propiamente no hay investigación sobre las fuentes renovables de energía, de tal modo, que su contribución bajo esta visión se considera marginal.

A finales de los años 90 aparecen con los trabajos de F Manzini [39], F Manzini y M Martínez [40][41] los que se podrían nominar los primeros escenarios de fuentes renovables para México en la medida en que estas fuentes fueron objeto de investigación. Estos trabajos tienen una metodología de tipo “Top-down” y se toma como base un conjunto de hipótesis sobre evoluciones en el largo plazo (año 2025) del Producto Interno Bruto Percápita, Consumo Percápita de Energía Primaria e Intensidad energética. Realizado esto se procede a estimar el consumo de energía y la estructura tecnológica para tres escenarios, a saber, Status-Quo, Conservación y Sustentable; siendo este último el que considera una participación importante de fuentes renovables de energía. Los resultados de estos trabajos son en términos de producción de electricidad y de contaminantes, particularmente de CO₂. Por ejemplo se considera que es factible una participación de 49% de las fuentes renovables para el escenario Sustentable y de 28% para el escenario de Conservación, sin embargo en ambos casos se registrarían un aumento en las emisiones de CO₂ menor que las que habría en el escenario Statuts-Quo. La principal crítica a estos trabajos es que todavía tienen una componente cualitativa muy grande, de hecho no hay modelo formal excepto para determinar el impacto ambiental de las tecnologías mediante una función objetivo. Una crítica más es que no hay ninguna evaluación económica de los escenarios construidos. No deja de ser, sin embargo, el mayor esfuerzo hasta entonces en el plano conceptual, metodológico y de construcción de bases de datos para la formulación de escenarios con FRE’s para la generación de electricidad en México.

Recientemente tres trabajos Manzini, et. al. [42], Islas, et. al. [43-44] elaboraron con una nueva metodología basada en criterios e hipótesis macro económicos, sectoriales y de progreso tecnológico, escenarios para fuentes renovables de energía en el sector eléctrico mexicano. En estos trabajo la investigación avanzó hacia el análisis de tres escenarios, el tendencial que representa la continuación de la trayectoria tecnológica basada en plantas de

combustóleo, el oficial que representa las nuevas tendencias tecnológicas basadas en plantas de ciclo combinado y de gas natural, y el de transición que sostiene que es técnica y económicamente factible un uso masivo de fuentes renovables de energía. Se realizó investigación también para elaborar bases de datos de las características técnicas reales de operación de las plantas eléctricas para un cierto año base, de los recursos energéticos renovables y no renovables disponibles en México y de datos de desarrollo tecnológico en el corto y largo plazos de las tecnologías convencionales y no convencionales de generación eléctrica. Estos trabajos se realizaron con el auxilio de un modelo formal de nombre LEAP – 95 [45]. Los resultados que aportaron estos trabajos son evaluaciones en términos energéticos y ambientales, particularmente de emisiones de GEI. Estos resultados de por sí más precisos que los anteriores estudios, han arrojado nueva información pues el escenario de transición además de ser el mejor desde el punto de emisiones de CO₂ y de precursores de lluvia ácida, muestra puntos de inflexión y de decrecimiento de estas emisiones hacia el año 2025. Sin embargo, aún no se considera una evaluación en términos económicos.

En este sentido, dos trabajos recientes Mulás, et. al. [46] e Islas, et. al. [47] presentan escenarios de todo el sistema energético atendiendo la inclusión de fuentes renovables de energía, en ambos trabajos los resultados se plantean sólo en términos físicos, es decir, la participación de estas fuentes en el balance energético nacional. El primer trabajo es de largo plazo y plantea tres escenarios atendiendo a un crecimiento distinto en cada uno del Producto Interno Bruto, sin embargo, no plantea una evaluación económica, ni ambiental de los escenarios presentados. El segundo trabajo propone dos escenarios uno tendencial y otro denominado de alta integración energética para las regiones de México, América Central y el Caribe, dentro de sus premisas de construcción plantea un incremento factible de las fuentes renovables en el balance energético en general y el sector eléctrico en particular, sin embargo, también este trabajo no plantea una evaluación económica, ni ambiental.

El paso de las evaluaciones en términos energéticos y ambientales hacia unas que incluyeran evaluaciones económicas de escenarios de fuentes renovables para la generación eléctrica en México, se encuentran en los trabajos de Sheinbaum, et. al. [48] y de Manzini, et. al. [49]. Estos trabajos utilizan modelos formales de tipo “Bottom-up”. El primer trabajo usa el modelo MEESM el cual es una versión más completa y adaptada a las características del sistema energético mexicano del modelo STAIR, y da resultados económicos en términos de costos de mitigación por tecnología. En el segundo trabajo se usa el ya mencionado modelo LEAP y adicionalmente se desarrolla un marco contable propio para la evaluación económica y sus resultados los arroja en términos de un análisis de costo beneficio de 4 escenarios. En este sentido, muy recientemente se publicaron dos trabajos adicionales: Islas, et. al. [50] [51] ambos se auxilian del modelo LEAP. En el primero se evalúan tres escenarios, a saber, base (que utiliza combustóleo), oficial (utilizando gas natural) y el de transición (incorporación de FRE's) y se obtienen resultados en términos del costo-beneficio en relación al escenario base, aquí ya se considera el progreso tecnológico en términos de un decrecimiento de los costos asociados a las tecnologías y un análisis de sensibilidad en relación a un incremento de los precios de Gas Natural (GN). El segundo trabajo realiza también un análisis de costo-beneficio de dos escenarios uno denominado de transición (utilizando GN) y otro renovable y muestra en un

análisis de sensibilidad que a precios medios de GN pueden encontrarse escenarios de no reproches si también se considera progreso tecnológico en términos del decremento de los costos de inversión.

Estos trabajos si bien aportan un análisis económico de la viabilidad de los escenarios con estas fuentes, además de evaluar hipotéticas políticas de fomento en el uso de las fuentes renovables, mejoras en los costos de capital, políticas de precios de combustibles fósiles, y políticas de financiamiento a través de la tasa de descuento. No se considera el progreso tecnológico con métodos más precisos como son las curvas de aprendizaje o bien se realizó esto en términos de opinión experta que es un tanto más subjetiva.

Adicionalmente, estos últimos avances en la construcción de escenarios con fuentes renovables de energía, no plantean explícitamente ningún instrumento para promover la inserción masiva de estas fuentes en el SEM y su evaluación en términos de su aporte en la reducción del riesgo a un alza de los precios de los hidrocarburos como base para comparar los costos asociados a este riesgo y los costos de la implementación de dichos instrumentos de política para la promoción masiva de las FRE's para la generación eléctrica en México.

Un primer trabajo realizado por Awerbuch, et. al. [52] propone para México la aplicación de la teoría de análisis de Portafolio en relación al riesgo de una alza de precios de hidrocarburos y el papel de las fuentes renovables como alternativas que pueden ser valuadas en términos del costo relativo y del riesgo de un portafolio de inversiones. Sin embargo este trabajo no se basa en un escenario como tal, ni evalúa el costo económico de la volatilidad de los precios de los hidrocarburos.

Es por eso que el presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal ponerse a la frontera del conocimiento en términos de la construcción de escenarios con fuentes renovables que incluya el progreso tecnológico con la inclusión de curvas de aprendizaje, los instrumentos de promoción de FRE's acordes a la situación institucional, social y económica de México, su diseño y evaluación. Así como la evaluación del riesgo que representaría al país el agotamiento de las reservas económicamente explotables de petróleo crudo y una evaluación de riesgo macroeconómico utilizando la teoría de portafolio.

Objetivo General

La construcción de escenarios basados en el análisis y adaptación de instrumentos de promoción masiva de fuentes renovables de energía en el Sector Eléctrico Mexicano y realizar un análisis de portafolio en términos del riesgo macroeconómico relacionado con el agotamiento de las reservas nacionales probadas de hidrocarburos.

Objetivos Particulares

1. Analizar y caracterizar en términos económicos el riesgo de agotamiento de las reservas nacionales probadas de hidrocarburos en México.

2. Revisar y analizar la literatura de las experiencias internacionales de los modelos de inserción masiva de fuentes renovables de energía en los sectores eléctricos y análisis de sus adaptaciones al contexto del Sector Eléctrico Mexicano.
3. Construcción de escenarios de fuentes renovables con base en instrumentos de inserción masiva de fuentes renovables de energía en el Sector Eléctrico Mexicano considerando progreso tecnológico.
4. Análisis y evaluación el portafolio de riesgos económicos asociados a la indisponibilidad de hidrocarburos.

Para cumplir con los objetivos proponen las siguientes metas:

METAS

- Estudio y análisis del contexto mexicano y mundial del agotamiento de hidrocarburos en el futuro y la determinación de los riesgos macroeconómicos.
- Análisis de los instrumentos de inserción masiva de fuentes renovables de energía (FRE's) en el sector eléctrico.
- Análisis y Adaptación de los instrumentos de inserción al entorno institucional de México y su caracterización económica.
- Prospectiva tecnológica con curvas de aprendizaje, para esta meta se tiene las siguientes submetas adicionales
 - Actualización de las bases de datos de progreso tecnológico de las tecnologías de generación y su adaptación para el cálculo y formulación de curvas de aprendizaje
 -
- Construcción de escenarios con FRE's en el sector eléctrico utilizando el modelo LEAP, para ello se tienen las siguientes submetas.
 - Actualización de las bases de datos que contienen la información del SEM al año de referencia seleccionado
 - Representación del balance de energía en el año de referencia
 - Actualización de las bases de datos de recursos energéticos
- Evaluación económica de los escenarios construidos bajo el diseño de un instrumento de inserción de fuentes renovables en el SEM.
- Evaluación del portafolio de la mezcla de generación.
- Evaluar los aspectos ambiental, social y económica de los escenarios.

- Minimizar el costo del portafolio (minimizar riesgo energético) debido a la inserción masiva de las FRE's.
- Integración del modelo LEAP y un modelo de equilibrio parcial o general para medir el impacto general macroeconómico del uso masivo de FRE.

Miembros del comité tutorial:

Dr. Fabio L. Manzini Poli, quien apoyará en el análisis del impacto ambiental de los escenarios.

Dr. Roberto Best y Brown, quien apoyará en el estudio de prospectiva tecnológica y en la elaboración de políticas de promoción de las FRE's.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	2007		2008		2009	
	1er Sem	2do Sem	3er Sem	4to Sem	5to Sem	6to Sem
1. Analizar y caracterizar el riesgo macroeconómico del agotamiento de las reservas nacionales probadas de hidrocarburos en México y el mundo.						
2. Revisar y analizar la literatura de las experiencias internacionales de los modelos de inserción masiva de fuentes renovables de energía en los sectores eléctricos y adaptación de los instrumentos al contexto del Sector Eléctrico Mexicano.						
2.1 Análisis los instrumentos de inserción masiva de fuentes renovables de energía (FRE's) en el sector eléctrico.						
2.2 Adaptación de los instrumentos de inserción al entorno institucional de México y su caracterización económica.						
3. Construcción de escenarios de fuentes renovables con base en instrumentos de inserción masiva de fuentes renovables de energía en el Sector Eléctrico Mexicano considerando progreso tecnológico.						
3.1 Prospectiva tecnológica con curvas de aprendizaje						
3.2 Construcción de escenarios con FRE's en el sector eléctrico utilizando el modelo LEAP						
4. Análisis y evaluación de los escenarios construidos en términos del análisis del portafolio del riesgo macroeconómico asociados a la agotamiento de las reservas probadas nacionales de hidrocarburos						
4.2 Minimizar el costo del portafolio para minimizar el riesgo macroeconómico y determinación del escenario óptimo con FRE's para el SEM en el año 2030.						
4.2. Integración de modelos LEAP y un modelo de equilibrio parcial o general.						
5. Obtención de resultados						
6. Artículo internacional						
6.1 Redacción y envío						
7. Redacción de tesis						

Alumna
Pas. M. I. Genice Kirat Grande Acosta

Tutor
Dr. Jorge M. Islas Samperio

REFERENCIAS

- [1] IPCC, Working Group 1.- Climate Change 2001: The Scientific Basis (summary for policymakers).
- [2] Campbell, C., Laherrère, J., 1998. The end of cheap oil, Scientific American; Marzo, 78–83.
- [3] Bakhtiari, A., 2004. World Oil Production Capacity Model Suggests Output Peak by 2006-07. OGJ. Abril.
- [4] Skrebowski, C., 2004. Oil Field Mega Projects – 2004. Petroleum Review. Enero.
- [5] Deffeyes, K., 2003. Hubbert's Peak-The Impending World Oil Shortage. Princeton University Press.
- [6] Campbell, C., 2003. Industry Urged to Watch for Regular Oil Production Peaks, Depletion Signals. OGJ. Julio.
- [7] Bullón, M., El mundo ante el cenit del Petróleo. Informe sobre la cúspide de la producción mundial de petróleo. Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos
- [8] Hirsch, R. et. al., 2005. Peaking of world oil production: impacts, mitigation, & risk management.
- [9] European Commission, 1994, Technology and the Transition to Environmental Stability. Continuity and Change in technological Systems, Final Report from project PL 910282, 285 pags.
- [10] European Commission, 1997. Energy for the Future: renewable sources of energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. COM(1997) 599 final (26/11/1997).
- [11] European Commission, 2000. Green Paper. 29 November 2000 (COM(2000) 769 final).
- [12] IEA (International Energy Agency), 2005. 30 Key energy trends in the IEA & Worldwide. París, 37 págs.
- [13] OCDE, 1997, Desarrollo Sustentable. Estrategias de la OCDE para el Siglo XXI, 196 pags.
- [14] McVeigh, J. et al, 2000, Winner, Loser, or Innocent Victim? Has Renewable Energy Performed as Expected?, Solar Energy, vol. 68, no. 3, pp. 237-255.
- [15] Breeze, P., 2000, Power Generation Technologies into the 21 first Century, Datamonitor PLC, London, England.
- [16] IEA(International Energy Agency), 1997, Energies technologies for the 21st Century, 364 pags.
- [17] Gutermuth, P.G., 2000, Regulatory and Institutional Measures by the State to Enhance the Deployment of Renewables Energies: German Experiences., Solar Energy, vol. 69, no. 3, pp. 205-213.
- [18] Rawitz, et. al. 2004. FORRES 2020: Analysis of the renewable energy sources' evolution up to 2020. European Commission, Germany. 89 págs.
- [19] Romero, M., 1996, Las Energías Renovables y su Impacto Ambiental en el Balance Energético Mundial, Coloquio Nuevas Tecnologías para el Sector Eléctrico del siglo XXI, IIE, Temixco, Morelos, 42 pags.
- [20] Islas, et. al. 2004. Nuevas energías renovables: Una alternativa energética sustentable para México. Análisis y Propuesta. Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, México. 171 págs.
- [21] PEMEX (Petróleos Mexicanos), Anuario Estadístico 2005. PEMEX, México.

- [22] Corbus D et al, 1992, Renewable Energy Penetration Scenarios in Developing Countries. Phase I : Preliminary Application of STAIR to India. Analytic Studies Division, national Renewable Energy Laboratory, USA, Review Draft: March 1992.
- [23] Johansson, t.b. et al, 1993, Renewable Energy – Sources for Fuels and Electricity. Island Press, Washington.
- [24] World Energy Council [1994], New Renewable Energy Sources, London.
- [25] Palz, W., 1994, Role of New and Renewable Energies in Future Energy Systems. In: Scheer H, Ghandi M., Aitken, D., Hamakawa, Y., Palz, W. Editors. The Yearbook of Renewables Energies 1994 EUROSOLAR-UNESCO. London: James and James Science Publishers.
- [26] Honji, A et al, 1994, Effects of Energy Demand and Fuel Prices on Carbon Dioxide Emission Reduction, Kagaku Kogaku Ronbunshu, vol. 20 No. 6, pp. 902-911
- [27] European Commission, 1997, Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan, Brussels.
- [28] Mourelatos, A et al, 1998, Impact of CO₂ Reduction Policies on the Development of Renewables Energy Sources, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 23, No. 2, pp. 139-149.
- [29] Nakicenovic N. , Grübler A., McDonald A., 1998, Global Energy Perspectives, Cambridge University Press.
- [30] Wohlgermuth, N., 1999, Cost Benefit Indicators Associated with the Integration of Alternative Energy Sources: A Systems Approach for Carinthia, Austria.
- [31] Suganthi, L., Williams, A., 2000, Renewable Energy in India – A modelling study for 2020-2021, Energy policy, vol. 28 pp. 1095-1109.
- [32] Hadley, S. W., Short, W., 2001, Electricity Sector Analysis in the Clean Energy Futures Study, Energy Policy, Horsham, Inglaterra, 29, 1285-1298.
- [33] Miklos, T, Tello, M, 1991, Planeación Prospectiva, México, D.F., Limusa.
- [34] Alonso, A., Rodríguez-Viqueira Luis, Alternativas Energéticas, Fondo de Cultura Económica, CONACYT, 1985, México, D.F., 583 pags.
- [35] Martínez, M., Rodríguez, L. y Carmona, M., Penetración de Tecnologías Renovables en la Generación Bruta de Electricidad, Mem. XVI Reunión Nacional de Energía Solar, 101-104, 1992
- [36] Corbus, D., Mark, J. y Martínez, M., Renewable Energy Technologies for Mexico: Assessing Carbon Emissions Reductions, World Resources Review, Vol. 5, No. 3, 324-340, 1993..
- [37] Rodríguez, L. y Martínez, M., Penetration of Renewable Technologies for Net Power Generation in Mexico, Proc. ISES World Congress, Hungría, Vol. 1, 149-154, 1993.
- [38] Alonso A et al, 1994, Futuros del Sector Eléctrico, in: Resendiz-Núñez D (Ed.), El Sector Eléctrico de México, Comisión Federal de Electricidad – Fondo de Cultura Económica, México, D.F., pp. 475-521.
- [39] Manzini, F, 1997, Estudio Prospectivo del Impacto Ambiental Debido a Tecnologías de Uso Final, Tesis de Doctorado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [40] Manzini, F., Martínez, M., 1999, Using Final Energies to Plan a Sustainable Future for México, Energy, Filadelfia, E.U.A. 24(11), 945-958.
- [41] Manzini, F., Martínez, M., 1999, Choosing an energy future. The environmental impact of end-use technologies, Energy Policy, Horsham, Inglaterra. 27(7), 401-414

- [42] Manzini, F., Islas, J., Martínez, M., 2000, Reduction of Greenhouse gases using renewable energies in Mexico 2025. *Int. J. Hydrogen Energy*, Florida, E.U.A. **26**(2), 145-149 (2000)
- [43] Islas, J., Manzini, F., Martínez, M., 2000, Renewable energies for reduction of greenhouse gases in the mexican electricity generation in 2025, *ISES Millennium Solar Forum 2000 - Mexico*, Ciudad de México, México, 801-805.
- [44] Islas, J., Manzini, F., Martínez, M., 2002, Renewable energies in electricity generation for reduction of greenhouse gases in Mexico 2025, *Ambio. An International Journal*, Royal Swedish Academy of Sciences, vol. 31, no. 1, p.p. 35-39.
- [45] LEAP-95, 1995, Long-Range Energy Alternatives Planning System, Stockholm Environment Institute – Boston, Tellus institute, Boston, MA, USA.
- [46] Mulás, et. al. *Prospectiva sobre la utilización de las energías renovables en México. Una visión al año 2030*. SENER, México. 2005
- [47] Islas, J. et. al. *Prospectiva de la demanda y oferta energética para México, Países de América Central y El Caribe. Reporte Final*. Organización Latinoamericana de Energía. México 2006.
- [48] Sheinbaum, C., et al, 2000, Greenhouse Gas Energy Scenarios for Mexico in Year 2020 and Mitigation Potential of Renewable Technologies, *ISES Millennium Solar Forum 2000 - Mexico*, Ciudad de México, México, 775-779.
- [49] Manzini, F., Islas, J., Martínez, M., Cost-Benefit analysis of renewable sources in the Mexican power sector, *Proceedings of Solar World Congress*, ISES, 25 november-2 december, 2002, Adelaide, Australia.
- [50] Islas, J., Manzini, F., Martínez., M., 2003. Cost-benefit analysis of energy scenarios for the Mexican power sector. *Energy*, 28 (2003), 979-992.
- [51] Islas, J., Manzini, F., Martínez., M., 2004. CO₂ mitigation costs for new renewable energy capacity in the Mexican electricity sector using renewable energies. *Solar Energy*, 76 (2004), 499-507.
- [52] Awerbuch, A., Jansen, J., Beurskens, L., 2004. Building capacity for Portfolio-based energy planning in developing countries. Shifting the grounds for debate. REEE, UNEP. Final Report. Swizerland.