



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Quintana Roo y el sector energético: análisis actual y
propuesta de una estrategia hacia un futuro sustentable**

TESIS

**Que para obtener el grado de
Ingeniero en Sistemas de Energía**

PRESENTA

Manuel Eduardo Sánchez Aguilar

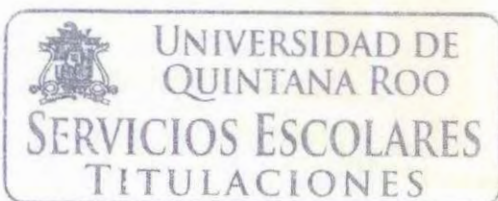
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool

ASESORES

Dra. Beatriz Escobar Morales

Dr. Inocente Bojórquez Báez





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Trabajo de tesis bajo la supervisión del comité de asesoría y
aprobada como requisito para obtener el grado de:**

INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR: _____


Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool

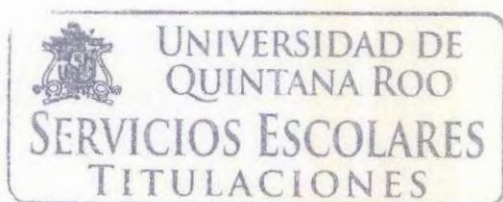
ASESOR: _____


Dra. Beatriz Escobar Morales

ASESOR: _____


Dr. Inocente Bojórquez Báez

CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, FEBRERO DE 2017



CONTENIDO

RESUMEN	6
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
CAPÍTULO 1. ENERGÍA Y SOCIEDAD.....	9
1.1 La sustentabilidad y la energía convencional actual	10
1.2 Cambio climático y sus efectos en los sistemas que soportan la vida	11
1.3. Políticas gubernamentales en el marco de la sustentabilidad energética.....	14
1.4 Metodología: enfoque de investigación de la tesis	15
1.4.1 Enfoque mixto	16
1.4.2. Estrategia de análisis.....	16
1.4.3. Análisis y triangulación de datos.....	17
CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN MÉXICO.....	18
2.1. Energía primaria	18
2.2. Generación de energía eléctrica	24
2.3. Prospectiva del sector energético mexicano	27
CAPÍTULO 3. QUINTANA ROO Y EL SECTOR ENERGÉTICO.....	33
3.1. Análisis socioeconómico de Quintana Roo al 2015.....	33
3.2. Producto interno bruto (PIB).....	35
3.3. Sector laboral	36
3.4. Análisis técnico del sector energético.....	38
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA HACIA UN FUTURO SUSTENTABLE	43
4.1. Ideas prioritarias para un Plan Energético de Acción Estatal ante el Cambio Climático	43
4.1.1 Ejes estratégicos.....	44
4.1.2. Programas ejemplo	46
4.2. Foro de discusión	54
4.2.1. Generalidades de la propuesta	54
4.2.2. Requerimientos de la propuesta.....	55
4.2.3. Formato del evento.....	55

4.2.4. Propuesta cronológica del desarrollo del evento	56
4.2.5. Responsabilidades.....	57
4.3. Breve propuesta del uso de energía eólica en el estado	58
CONCLUSIONES	61
PERSPECTIVAS	62
REFERENCIAS.....	63

Dedicatoria

Dedico ésta tesis a todos mis amigos y amigas con los que pude dialogar sobre el tema y, que al compartirme sus perspectivas, opiniones y consejos, me permitieron ampliar mi visión sobre la investigación.

A mi tío Felipe por abrirme las puertas de su casa para que yo pudiera realizar mi estancia profesional en Cancún, Quintana Roo, donde dio inicio la presente investigación.

A mis maestros que siempre me han brindado su apoyo y me motivaron a explotar todo el potencial de la carrera.

A mi director y asesores de tesis por darme libertad para con el sendero de la tesis, así como ser pacientes en su evolución.

A mis padres que siempre me han apoyado y han depositado su esperanza en mí.

A todos los que me apoyaron para reflexionar, escribir y concluir ésta tesis.

Para ellos es la presente dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo por su incondicional apoyo.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento al CONACYT y al PRODEP, por el apoyo brindado bajo el proyecto Desarrollo de prototipos de la Red de energías renovables de la Península de Yucatán y a la Red Temática de Hidrógeno (RTH2).

Al COQCYT por el apoyo económico brindado a través del Programa Jóvenes Asistentes de Investigador 2015.

Al Centro Latinoamericano de Estudios Ambientales por aceptarme en su programa de becas para cursar el diplomado “Política Energética y Cambio Climático”, mismo que enriqueció la investigación.

RESUMEN

Actualmente, en el año 2016, no se han realizado acciones que disminuyan considerablemente el precio de la energía eléctrica y la alta dependencia hacia los combustibles fósiles. Para que el Estado de Quintana Roo emprenda una transición energética, se pretende ofrecer recomendaciones en materia de energía, aplicables a políticas públicas, que motiven el uso sustentable de los recursos naturales. Se expone un panorama energético nacional y estatal con datos cuantitativos y se plantea una estrategia de obtención de datos cualitativos que enriquecieron la investigación. Estos datos se basan en diferentes consultas y análisis de información de la Secretaría de Energía, Petróleos Mexicanos y la Comisión Federal de Electricidad; de manera paralela se consultaron y analizaron datos que brinda el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como del Instituto Mexicano para la Competitividad y diversas publicaciones científicas. Al marco de un análisis socioambiental-técnico-económico se plantearon 10 programas de política energética y el análisis del potencial eólico como primer ejemplo del posible uso de los recursos renovables con base en un diseño holístico que comprenda los diversos factores sociales, ambientales, económicos y técnicos.

Palabras clave: Sustentable, recomendaciones, política, recursos naturales, precios, transición, Quintana Roo.

JUSTIFICACIÓN

El régimen energético basado en combustibles fósiles se encuentra cerca de su fin. En gran medida esto se debe a la falta de asequibilidad del petróleo convencional, así como a las condiciones geopolíticas en torno a los combustibles fósiles que afectan de manera directa los precios y la producción de los mismos. De igual manera el cambio de paradigma se ha dado de manera internacional a través de la ONU, ya que se busca mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero al reducir la dependencia energética del mundo para con los combustibles fósiles, esto para tratar de desacelerar el cambio climático. Según Dutch Shell, “la escasez –de gas natural- podría producirse ya en 2025” [1]. Esta perspectiva coincide con el modelo predictivo de G. Maggio y G. Cacciola, quienes calculan que el pico del gas natural ocurrirá entre el año 2024 y 2046; de igual manera estos investigadores llevaron a cabo minuciosos cálculos para estimar el pico de producción del petróleo -2022- y del carbón -2055- [2].

En los últimos años México ha hecho planificaciones a través de la Secretaría de Energía buscando reducir la participación de los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica. En el 2012, los combustibles fósiles representaron un 72.6% del total de capacidad instalada de generación [3]. Los planes prospectivos han proyectado en 2014, que para el 2028, la participación de los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica será del orden de 61.1% [3]. Sin embargo para el año 2015, las prospectivas del sector eléctrico incrementan la participación de los combustibles fósiles hasta un 65.5% en 2029. Estas tendencias son influenciadas por el precio del gas natural, considerado actualmente un combustible barato que emite menos gases de efecto invernadero [4].

Mientras tanto en Quintana Roo se espera que en el 2029 la generación de energía eléctrica en el estado siga siendo mayoritariamente basada en combustibles fósiles [4]. Pese a que la estrategia nacional así lo marque, el estado de Quintana Roo puede emprender un camino individual, impulsado por sus características naturales que lo han convertido en un destino turístico de nivel mundial. Estas particularidades pueden ser ampliamente aprovechadas para trazar una estrategia energética que permita diversificar la generación de energía y alcanzar la sustentabilidad energética en un largo plazo, a través de una transición energética ordenada que motive el desarrollo socioeconómico de bajo impacto ambiental basado en los tratados internacionales de los cuales México es participante.

En este contexto, el análisis del sector energético que se plantea en la presente investigación brindará nuevo conocimiento sobre el tema, además de coadyuvar para alcanzar al régimen energético del futuro.

OBJETIVO GENERAL

Ofrecer recomendaciones, en materia de energía, aplicables a políticas públicas para que el estado de Quintana Roo pueda emprender una transición energética ordenada, eficiente, adaptativa, incluyente y de bajo impacto ambiental que esté basada en el uso sustentable de los recursos naturales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado actual del sector energético a nivel nacional y estatal para definir la línea base de la propuesta, tomando como directrices la información de las instituciones líderes del país.
- Analizar el escenario prospectivo del sector energético a nivel nacional para determinar cómo puede esto afectar al desarrollo del estado de Quintana Roo.
- Proponer estrategias que coadyuven en una política energética como ejemplos de acciones estatales de desarrollo sustentable.
- Analizar un ejemplo de aplicación técnica en el estado de Quintana Roo para exponer estrategias que rompan paradigmas actuales en torno al uso de las energías renovables.

CAPÍTULO 1. ENERGÍA Y SOCIEDAD

La energía es uno de los pilares del progreso de la humanidad y, actualmente, el sector energético forma parte prioritaria en las agendas científicas, políticas, económicas y sociales [5]. Esto se justifica en gran medida por la necesidad de emprender una transición energética que permita sobreponerse a las amenazas de carácter mundial a las que se enfrenta la humanidad: el agotamiento de los combustibles fósiles y la aceleración del cambio climático a causa de la emisión de gases de efecto invernadero.

Los desafíos para el sector energético en los países desarrollados, donde está garantizado el acceso a la energía eléctrica tienen que ver con la calidad, el coste e impacto ambiental de ésta energía [5]. Pese a que no existe un Objetivo de Desarrollo del Milenio en específico para la energía, el acceso a los servicios energéticos es un prerrequisito para alcanzar los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio [6].

El acceso a diversas fuentes de energía influencia de manera profunda la vida de las personas en situación de pobreza. Para el año 2005 se estima que habían 2.4 billones de personas –más de un tercio de la humanidad- que dependían de madera, carbón y estiércol como su principal fuente de energía para cocinar y calentarse [7]. Una transformación veloz y sostenida hacia la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovable, es un paso esencial e imprescindible para el desarrollo y la mejora de la calidad de vida. Por otro lado, las energías y los sistemas convencionales tienen riesgos asociados. Estos riesgos se pueden relacionar con la volatilidad de precios, inestabilidad económica y socio-política, seguridad, desarrollo y fracaso técnico. En una sociedad sustentable, es primordial la reducción de los riesgos asociados a las fuentes convencionales de energía.

1.1 La sustentabilidad y la energía convencional actual

Para analizar las implicaciones de las diversas fuentes de energía renovable, es necesario discutir el significado de energía sustentable. Sustentabilidad está definida como: Patrones económicos, medio ambientales, y de progreso social que satisfacen las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades futuras. Dentro de este concepto, se puede definir a la Energía sustentable, como: Patrones de producción y uso de la energía que pueden sostener las necesidades presentes y futuras de la sociedad con el mínimo costo y consecuencia ambiental y socioeconómica [8].

Ambas definiciones enfatizan dos criterios importantes:

1. Un vasto rango de consideración: La energía sustentable va más allá de efectos económicos de corto plazo, ya que considera consecuencias no sólo económicas, sino medio ambientales, sociales y de seguridad energética de cada una de las fuentes de energía a largo plazo.
2. El futuro: La energía sustentable, por definición, apunta a sostener la habilidad de la energía para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. Por ende, para ser sustentable, nuestras acciones y decisiones deben reducir las excesivas repercusiones económicas y ambientales, a la vez de ofrecer soluciones de adaptación para asegurar el futuro de la humanidad.

Sin embargo, nuestro sistema energético actual se encuentra lejos de la sustentabilidad. Nuestra continua dependencia del petróleo como la fuente de energía más importante para nuestra economía, posee especialmente paradigmas que nos alejan de la sustentabilidad, los principales problemas son: geológicos, geográficos y políticos. El suministro de los hidrocarburos, está limitado por condiciones geológicas y la oferta geológica remanente mundial se concentra en el políticamente inestable Medio Oriente, mismo que acumula el 65% de las reservas probadas con las que cuenta la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC por sus siglas en inglés) [9]. Por si fuera poco, los hidrocarburos son un recurso finito.

Por décadas, economistas y geólogos ha debatido la teoría de un ex trabajador de Shell Oil y geofísico estadounidense, M. King Hubbert, quien a mediados de los años 50, predijo que la producción interna de Estados Unidos alcanzaría su pico de máxima producción muy cerca de los años 70 [10]. Sin embargo, para el momento en que Hubbert compartió su predicción, las compañías petroleras, economistas y algunas agencias gubernamentales – como el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)- no se mostraron convencidas de tal hallazgo y desacreditaron tal aportación. Pese a lo anterior, el pico de producción de petróleo de Estados Unidos ocurrió en 1970, aunque fue evidente hasta 1971 [11].

Es de resaltar que de los 42 países productores de petróleo más grandes del mundo, quienes representan aproximadamente el 98% de toda la producción petrolera, 30 o bien se han estancado o pasado sus respectivos picos de producción [12].

Como recursos no renovables, el gas natural y el carbón están sujetos a las mismas restricciones de suministro que el petróleo. Sin embargo, dada la baja demanda mundial de estos combustibles, y la gran abundancia de carbón, los efectos del suministro potencial no son tan severos ni inmediatos. Para el año 2014, Rusia seguía siendo el país con mayor reserva de gas natural, aglomerando unos 1688 trillones de pies cúbicos, mientras que para ese mismo año, Estados Unidos estaba en el cuarto lugar con 338.264 trillones de pies cúbicos [13].

Mientras que Arabia Saudí cuenta con el 22% de las reservas mundiales de petróleo [9], y Rusia el 24% de las reservas mundiales de gas natural, los Estados Unidos tienen el 26% de las reservas mundiales de carbón [13].

La energía mueve nuestra economía e incrementa nuestra calidad de vida, pero es costosa en términos monetarios y en el impacto socio ambiental que ocasiona su uso. Estos impactos son parte del “costo de hacer negocios”, pero en gran medida no se incluyen en los costos de la energía. Son denominados externalidades. Las externalidades son costos sociales natos de los usuarios y no usuarios por igual, pero no internamente del productor; los costos sociales no se reflejan en los precios de los bienes y servicios producidos. Para alcanzar una energía sustentable, debemos considerar estos costos en los precios de los combustibles.

Estos impactos medio ambientales incluyen contaminación del aire por el uso de combustibles fósiles, materiales radioactivos involucrados en el ciclo del combustible nuclear, impactos en las tierras y aguas donde se extrae combustible, y el transporte y construcción de los sistemas de conversión. Antes de ahondar en estos impactos, la siguiente sección discute lo que parece ser la problemática medio ambiental más grande frente al uso de la energía fósil –el cambio climático global desencadenado por la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono.

1.2 Cambio climático y sus efectos en los sistemas que soportan la vida

Por décadas, los científicos que estudian el balance energético de la Tierra han comprendido que la radiación solar incidente y la radiación que la Tierra refleja al espacio, está regulada por la atmósfera. Cierta cantidad de gases atmosféricos, principalmente dióxido de carbono y vapor de agua, transmiten la mayoría de las ondas solares cortas, pero absorben la mayoría de las ondas solares largas de la radiación reflejada por la Tierra,

reteniendo energía y por ende calentando la atmósfera y la superficie terrestre (como el vidrio en un invernadero).

Hace casi 40 años sólo era una teoría, pero en las pasadas dos décadas, el calentamiento global se ha vuelto uno de los problemas más difíciles que enfrenta la sociedad en el nuevo siglo. Monitoreo con tecnología sofisticada ha reforzado la teoría y revelado tendencias perturbadoras:

1. Crecientes emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, entre ellos metano, clorofluorocarbonos y óxido de nitrógeno.
2. Crecientes concentraciones globales de dióxido de carbono.
3. Crecientes temperaturas globales medias.
4. Reducción de las capas de hielo por las altas temperaturas.

La tendencia más obvia es el incremento de temperatura promedio. La figura 1 muestra la temperatura media anual de 1880 al 2015. La escala de temperatura es relativa al periodo base que comprende los años entre 1951 y 1980. La figura muestra que la temperatura global ha ido incrementando considerablemente desde 1977.

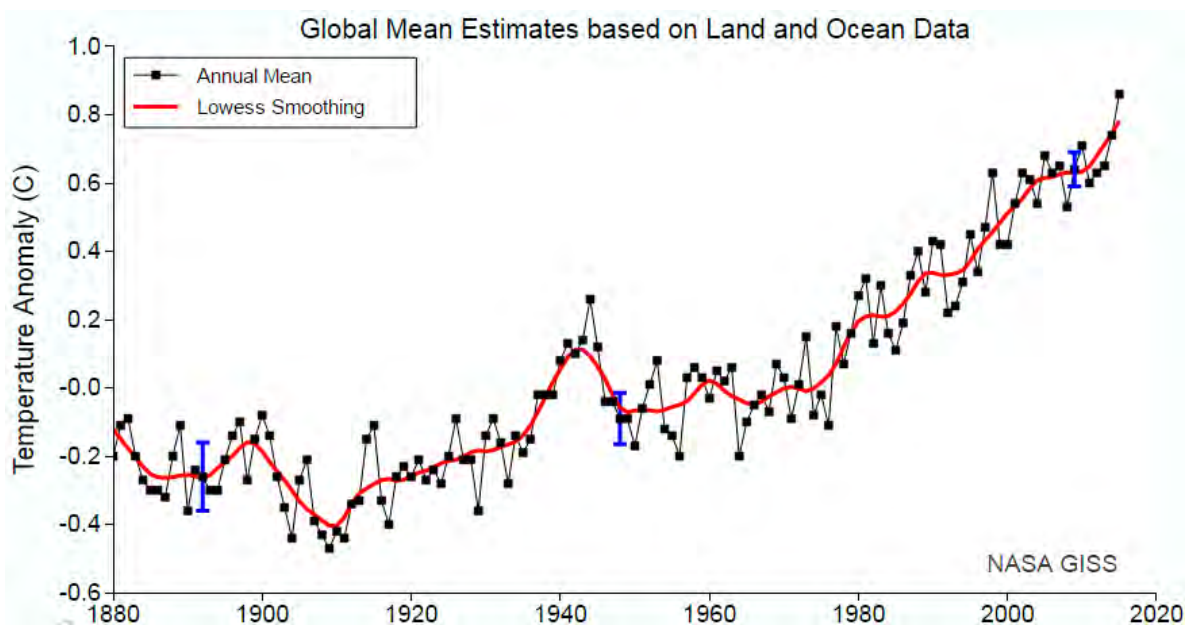


Figura 1 – Temperatura superficial anual, 1880-2015 [14].

El año 2015 fue el más caluroso registrado, con 0.86°C por encima del promedio 1951-1980. Incluyendo el 2011 (con 0.6°C por encima del promedio), los 13 años más calurosos desde que inició el registro en 1880 se han producido en la década pasada, comenzado por 1998 (0.63°C por encima del promedio) [14].

De acuerdo con los científicos más reconocidos del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), la mayor parte del calentamiento global de los últimos 50 años se debe a las actividades humanas y está fuertemente relacionado con la quema de combustibles fósiles [15].

Los efectos del cambio climático en la agricultura son negativos, y producirán la disminución del rendimiento de los cultivos, lo cual elevará los precios de los mismos y de la carne, se reducirá el consumo de cereales, llevando a la reducción del consumo de calorías y al incremento de la malnutrición infantil [16]. De manera paralela, el impacto del cambio climático en la salud mundial ha sido notable, ya que se ha incrementado la gravedad de las enfermedades infecciosas, reducido la seguridad del agua y de los alimentos, así como se han perdido otros servicios de los ecosistemas como lo son las plantas medicinales; todo lo anterior teniendo efectos significativos en las comunidades afectadas [17]. Lo anterior, aunado al incremento en la probabilidad de desastres naturales por el alza en la temperatura superficial de la tierra, puede provocar desarraigo y migración por parte de las poblaciones afectadas.

El retraso de largo plazo en los efectos del calentamiento sobre el sistema global del clima disimula su insidiosa naturaleza. Para el tiempo en que los ciudadanos votantes se den cuenta del impacto irreversible del cambio climático, será ya muy tarde para la acción política. Por lo tanto, el principio precautorio “sin arrepentimientos” impone una obligación a los gobiernos para actuar sin demora. No es inconcebible que desatender esta obligación hoy, puede llevar a un grave problema en el futuro.

La emergente respuesta a los crecientes efectos del cambio climático se puede caracterizar en dos enfoques básicos:

1. Mitigando la aceleración del cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a través del uso de tecnología, planificación y políticas públicas. Un ejemplo es el desarrollo de fuentes de energía de cero emisiones de carbono.
2. Adaptándose al cambio climático a través de:
 - a. Disminución de los impactos usando tecnología y planificación, tales como la construcción de muros de contención para contrarrestar el aumento del nivel del mar, la expansión de la irrigación para eliminar las condiciones de sequía, así como una política de desarrollo urbano que busque preservar los recursos estratégicos.
 - b. Anticipación de los efectos del cambio climático y, modificando prácticas y patrones de desarrollo y agricultura, para que podemos vivir con esos efectos en el futuro. Un ejemplo de ello sería la reubicación de poblaciones sujetas a severos efectos del incremento del nivel del mar o fenómenos climatológicos

extremos, así como formular nuevos diseños de desarrollo que respondan a las nuevas condiciones climáticas de la región.

Existen dos enfoques complementarios para mitigar el cambio climático, o para reducir las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero para minimizar los efectos del calentamiento global [18]. El primer enfoque es a través de tecnologías que reduzcan las emisiones al usar menos energía, reemplazando las fuentes de energía altas en carbono, por otras con menos o cero carbonos, o empleando un método denominado “secuestro de carbono”. El segundo enfoque incluye un rango de políticas de energía y carbono cuyo objetivo es acelerar el uso de fuentes de energía bajas en carbono y/o de cero emisiones, esto a través de la regulación y disminución del subsidio a los combustibles fósiles e incentivos financieros para el uso de fuentes de energía renovable. Estas políticas pueden ser establecidas a nivel internacional, nacional, estatal o local.

Las medidas de adaptación incluyen la disminución del impacto a través de ingeniería, lo cual significa sin mayores cambios en los patrones o lugares de desarrollo. Pero los intentos por mitigar futuros impactos en las áreas costeras, como lo son el aumento del nivel del mar y las condiciones climáticas extremas, podrían exceder la capacidad financiera y tecnológica de la humanidad. Es así que la adaptación debe incluir la anticipación de los impactos del cambio climático y planificar al respecto. Esto debe incluir preparación para situaciones de emergencia, planificación del desarrollo urbano futuro, reubicación de comunidades existentes de ser necesario, y suministros alternativos de agua. Estas medidas serán costosas y plagadas de incertidumbre., y serán especialmente difíciles para los países en desarrollo que cuentan con presupuestos limitados y poca experiencia. Desafortunadamente, son estos mismos países los que son más propensos a sufrir severos impactos.

1.3. Políticas gubernamentales en el marco de la sustentabilidad energética

Durante las pasadas dos décadas, los gobiernos del mundo se han reunido de manera anual –a través de las llamadas Conferencias de las Partes (COP)- en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) con motivo de llegar a acuerdos proactivos en materia de cambio climático, buscando reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la dependencia a los combustibles fósiles, motivando de manera paralela la transición a un régimen energético basado en fuentes de energía renovable y de bajo impacto ambiental.

Uno de los mecanismos más importantes que han surgido de las diversas COP ha sido el Protocolo de Kioto, el cual entró en vigor el 16 de febrero de 2005 y tiene por objeto ayudar a las naciones industrializadas a lograr sus metas acordadas de reducción de gases de efecto invernadero mediante la compra de iniciativas de reducción de carbono. En la

COP celebrada en Durban en el año 2012, se aprobó un segundo periodo para el Protocolo de Kioto, por lo que su vigencia se extendió hasta el 2020. Sin embargo, pese a la existencia de dicho mecanismo, aún perseveran grandes obstáculos por enfrentar, como lo es el acceso a información sobre cambio climático en las comunidades rurales e indígenas y la aplicación de políticas públicas sustentables a nivel local y regional, ya que si bien muchos países firmaron el Protocolo de Kioto, sus ciudadanos no son plenamente conscientes de la necesidad de acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático. Es por ello que resulta apremiante incluir los enfoques de adaptación y mitigación en la elaboración de políticas públicas a nivel no sólo nacional, sino estatal y municipal, contemplando planes y programas orientados a la mejora de la consciencia energética y ambiental para que la sociedad adopte dichas políticas de la mejor manera.

Las políticas de adaptación son un conjunto de lineamientos y directrices cuya finalidad es reducir los efectos adversos y aprovechar los estímulos positivos del aceleramiento del cambio climático. Sus características principales son: complementadas con un sistema integral de gestión del riesgo, integradas a todo el sistema de planeación nacional de cada país, poseer una visión global del cambio climático, así como un diagnóstico objetivo de vulnerabilidad y amenazas a nivel regional y local bajo un esquema de planeación participativa. Por otro lado, las políticas de mitigación son un conjunto de lineamientos y orientaciones que tienen por objetivo primordial el reducir las emisiones y mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero. Las características principales de éstas políticas es que deben establecer mediciones, diagnósticos, monitoreos, verificaciones y evaluaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, regional y local con tecnologías eficientes, así como formular e implementar medidas regulatorias de carácter económico para incentivar actividades de baja o nula emisión y desestimular las de alta emisión e, implementar tecnologías respetuosas con el medio ambiente a través de una visión holística.

1.4 Metodología: enfoque de investigación de la tesis

La investigación aquí desarrollada contempla un análisis cuantitativo y la inclusión de factores sociales, económicos y políticos que, desde la perspectiva del autor, enriquecen y dan profundidad al trabajo. Lo anterior sucede en la medida en que la situación analizada presenta diversos actores – sector público, sector privado y el conjunto de ciudadanos- que al ser afectados por los factores antes mencionados, resaltan la necesidad de una aproximación holística para abordar la problemática: la transición ordenada a la sustentabilidad energética en el estado de Quintana Roo.

Con esta base se tomó la decisión de emplear un enfoque mixto que permita la inclusión de datos cuantitativos y cualitativos, siendo los últimos atendidos a través de diversas propuestas para recolectar información, abriendo así nuevas líneas de investigación.

1.4.1 Enfoque mixto

Proceso de investigación que recolecta, vincula y analiza tanto datos cuantitativos como cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema. Este enfoque emplea métodos de los enfoques cuantitativo y cualitativo, así como puede involucrar la conversión de datos cualitativos en cuantitativos y viceversa. Cabe mencionar que el enfoque mixto va más allá de la sola recolección de datos de diferentes modos sobre el mismo fenómeno, ya que implica que desde el planteamiento del problema se mezcle la lógica deductiva e inductiva.

Este enfoque de investigación ofrece varias ventajas:

1. A través de este enfoque se logra una perspectiva más precisa del fenómeno.
2. Nuestra percepción del problema es más integral, completa y holística.
3. Al emplear dos métodos –cuantitativo y cualitativo- con fortalezas y debilidades propias, que llegan a los mismos resultados, se incrementa nuestra confianza en que éstos son una representación genuina y fidedigna de lo que ocurre con el fenómeno estudiado.
4. Se incrementa la capacidad de entendimiento del investigador sobre el problema estudiado.

Con las ventajas antes mencionadas y justificado el porqué de la necesidad de emplear el enfoque mixto para la presente investigación, se procede a definir las estrategias para obtener datos.

1.4.2. Estrategia de análisis

La dinámica entre el sector energético y el estado de Quintana Roo hace necesario que no sólo se tomen en cuenta datos técnicos, sino que deben incluirse datos estadísticos sobre condiciones sociales y económicas. En este tenor se define una estrategia simple: consultar entidades estatales, empresas privadas y asociaciones que brinden información del sector energético tanto nacional como estatal, así como entidades privadas y estatales que realicen estudios sociales, ambientales y económicos.

Dentro de las propuestas realizadas, para que el sector energético de Quintana Roo se oriente a un futuro sustentable, se plantean algunas actividades que permitan obtener información cualitativa y cuantitativa respecto a la parte subjetiva del estudio, por ejemplo:

- Foro de discusión. El fin de esta propuesta es conocer a través del método dialéctico el nivel de consciencia energética de los invitados, así como la identificación de problemáticas sociales, económicas y políticas que afecten o sean afectadas por el sector energético, ya para el final se definen soluciones a dichas problemáticas. La estadística de un cuestionario de entrada y salida, así como la delimitación de temas de manera aleatoria, nos permite una cuantificación de las problemáticas.
- Consultas ciudadanas, entrevistas y cuestionarios. Se aplicarán al público en general, sin embargo, al realizar una promoción con los estudiantes universitarios, se espera una mayor participación de un público joven con un nivel de estudios mayor al medio superior. En este caso se busca la conversión de datos cualitativos a datos cuantitativos para poder estudiar el comportamiento de la información subjetiva desde la perspectiva estadística. Para culminar la recolección de datos, se propone una serie de entrevistas a funcionarios públicos cuyos cargos estén ligados directa e indirectamente al sector energético, a la vez que su cargo los relacione con la toma de decisiones a la hora de trazar una política energética. El objetivo de estas entrevistas será conocer la consciencia energética de cada funcionario, así como su postura respecto a las propuestas desarrolladas en la investigación.

1.4.3. Análisis y triangulación de datos

El análisis y triangulación de los datos, es un proceso que se construye a la par de la investigación ya que no existe un método definido para analizar la dinámica del sector energético con el desarrollo socioeconómico de un Estado. Es así que mientras se filtran los datos resultantes de las estrategias mencionadas, se plantea la necesidad de otros datos para enriquecer la investigación e incrementar la capacidad de entendimiento del fenómeno por parte del investigador.

Esto sucede ya que la triangulación de datos de distinta naturaleza, fuente y tiempos, obliga al investigador a posicionarse en diversos universos para buscar comprender mejor la dinámica entre los datos. De manera paralela, al triangular información para definir posturas respecto al fenómeno a analizar, existe muchas veces la necesidad de replantear la necesidad de ciertos datos que tal vez fueron eliminados del análisis en su momento, más no descartados de la investigación en su totalidad.

En este trabajo, debido al análisis cíclico de datos, se ha partido de lo general a lo particular para reducir el universo sólo al Estado de Quintana Roo y triangular los diversos datos respecto a los ejes de la sustentabilidad analizando de manera técnica el sector energético del estado y la situación socioeconómica en la que se encuentra la entidad.

CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN MÉXICO

2.1. Energía primaria

Durante el año 2013, la producción nacional de energía primaria totalizó 9,020.21 Peta-Joules de acuerdo a los datos de la SENER. Lo cual representa un decremento en la producción de energía del orden de 0.4% con respecto al año 2012 [19]. Al comparar estos datos con el año 2005, mismo que presenta la mayor producción de energía primaria en la historia de México, el decremento es del orden de 15.09%.

Como se puede ver en la Figura 2, la producción de energía primaria en el país ha tenido altos y bajos, más se ha mantenido sobre los 8,000 Peta-Joules desde 1996.

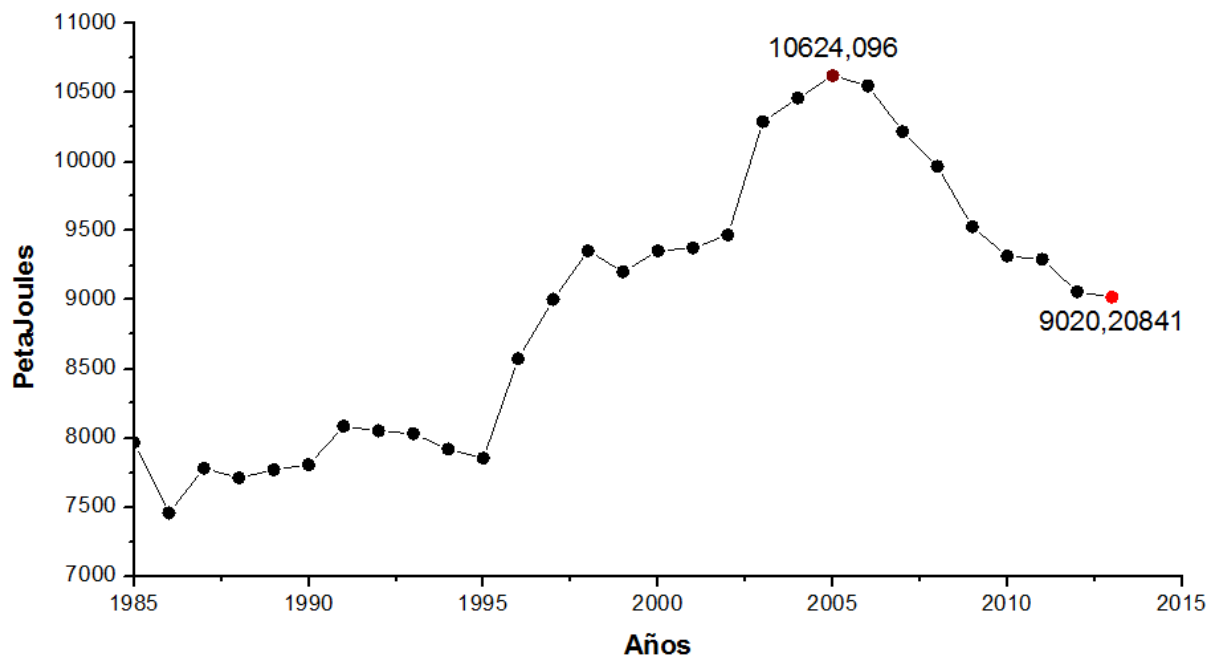


Figura 2 – Evolución de la producción de energía primaria en México [20].

El decremento en la producción de energía primaria para el periodo 2012-2013 se relaciona directamente con la menor producción de petróleo (2%), principal energético primario, del principal campo del Activo Cantarell. Por otro lado, la generación de las hidroeléctricas disminuyó 12.2% en el periodo 2012-2013, esto debido a un menor factor de planta observado en diversas centrales. De igual manera la geoenergía presentó una disminución en su producción del orden de 1.4% respecto a 2012 producto de retiros de centrales que alcanzaron su vida útil [19].

Del total de energía primaria producida, el 91.6% proviene de combustibles de origen fósil, especialmente petróleo crudo, gas natural y, en menor medida carbón y condensados, tal como se aprecia en la Figura 3. Cabe mencionar que este esquema de producción de energía primaria no ha variado en los últimos lustros, ya que la única diferencia apreciable ha sido la sustitución del combustóleo por gas natural.

Es así que México continúa siendo un país netamente dependiente de los combustibles fósiles a pesar del gran potencial de recursos renovables que posee, mismos que no han sido aprovechadas debido a la falta de políticas públicas que incentiven su uso industrial y doméstico.

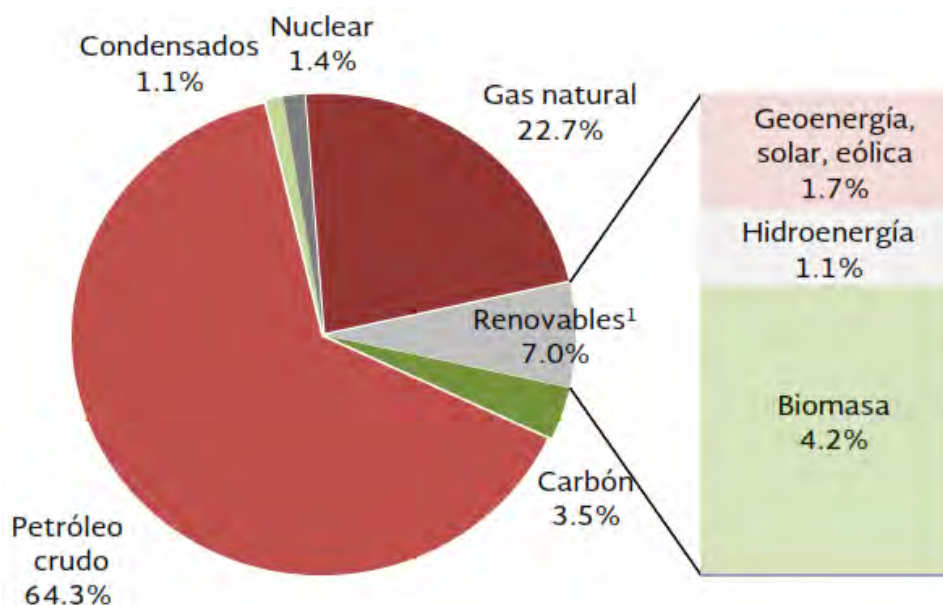


Figura 3 - Estructura de la producción de energía primaria, 2013 (Peta-Joules) [19].

¹Incluye grandes hidroeléctricas.

Dado que esta situación de suma dependencia no parece cambiar, es preocupante observar la evolución de las reservas probadas de hidrocarburos (Figura 4), en donde a partir de 1997 se presenta una drástica reducción de las reservas probadas tanto de petróleo como de gas natural.

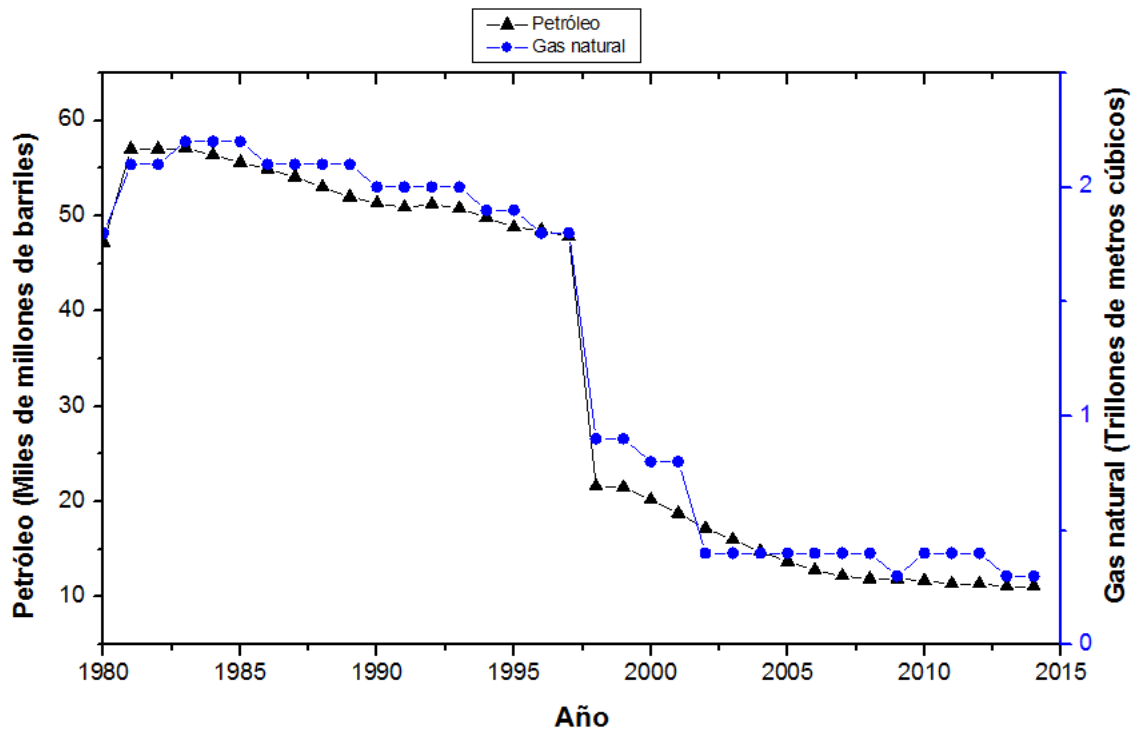


Figura 4 - Evolución de las reservas probadas de Petróleo y Gas natural [21].

De manera paradójica, México ha continuado incrementando su producción de gas natural con el paso de los años (Figura 5). Mientras que la producción de petróleo alcanzó su máximo en el año 2004 como se muestra en la Figura 6.

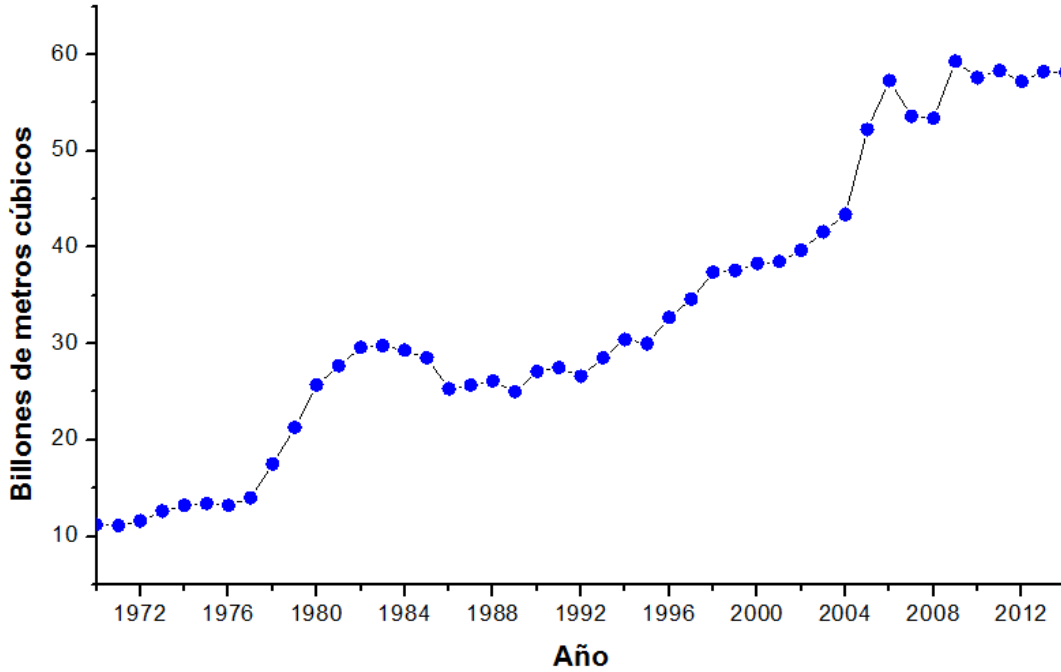


Figura 5 – Evolución de la producción nacional de gas natural [21].

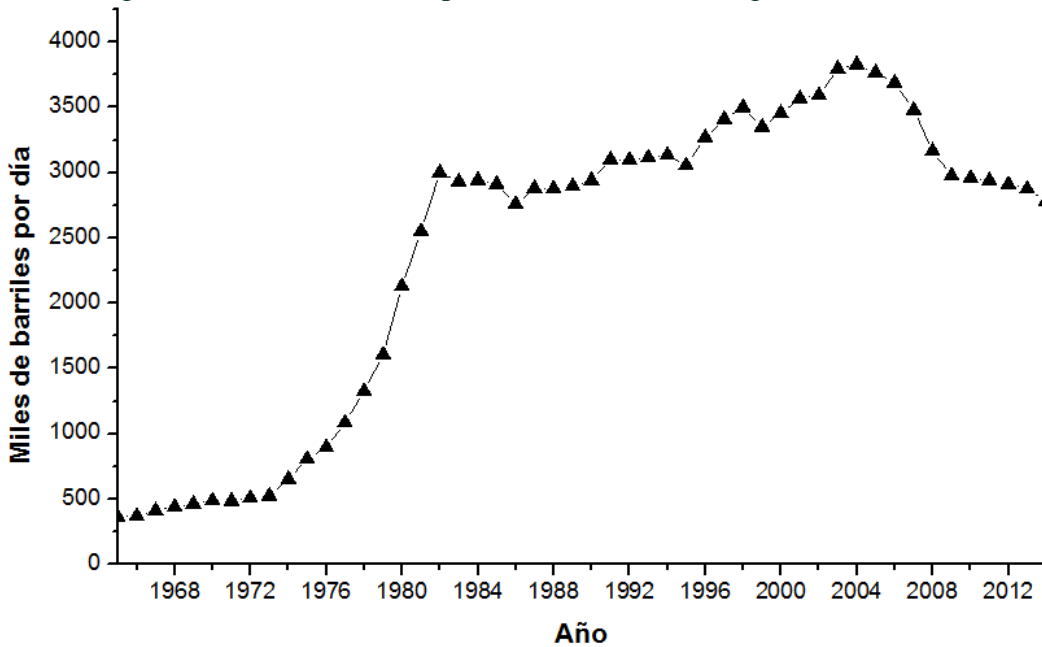


Figura 6 – Evolución de la producción nacional de petróleo [21].

Si bien la producción de petróleo ha disminuido, la demanda de petrolíferos no lo ha hecho, al contrario, ha incrementado en mil barriles diarios de 2003 al 2013 (Figura 7); lo cual no representa un aumento desmesurable si se compara con la producción nacional de petróleo.

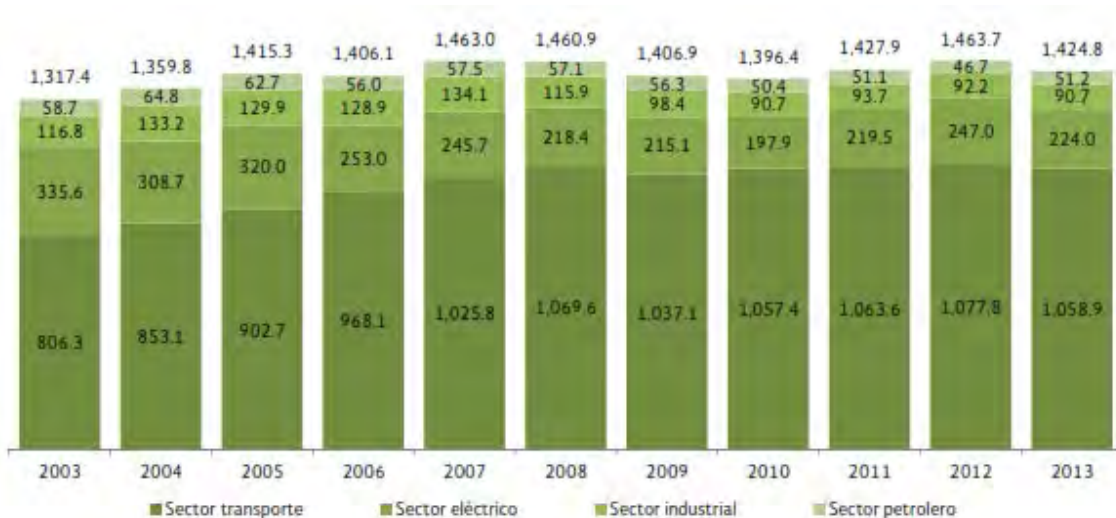


Figura 7 – Demanda de petrolíferos por sector, 2003-2013 (Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente) [22].

Para el año 2013, el consumo de petrolíferos para el autotransporte fue de 972.2 miles de barriles diarios, 2.0% menor que lo reportado en 2012, como se puede ver en la Tabla 1. Pese a dicha reducción en la demanda, la tasa media de crecimiento anual es del orden de 2.9%, lo cual obliga a continuar con la producción y transformación de combustibles fósiles.

Tabla 1 – Demanda de combustibles en el autotransporte, 2003-2013 (Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente) [22].

Combustible	Datos anuales											tmca 2003-2013
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Total	727.4	770.7	817.7	880.1	931.6	976.1	959.2	976.5	979.1	992.0	972.2	2.9
Gasolinas	497.6	527.1	556.4	595.2	630.0	656.3	656.2	664.2	662.2	665.5	652.0	2.7
Diésel	229.8	243.7	261.4	285.0	301.6	319.8	303.1	312.2	316.9	326.4	320.2	3.4

La variable más importante a considerar para determinar el comportamiento de la demanda de combustibles en el sector autotransporte es el parque vehicular. La evolución de éste ha mostrado una dinámica muy importante en los últimos años, de tal manera que, de 2004 a 2013, se registró una tasa media de crecimiento anual de 6.3% (Tabla 2).

Tabla 2 – Estructura del parque vehicular, 2004-2013 (Millones de vehículos) [22].

Región	Datos anuales										tmca
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Total	17.0	17.1	19.4	21.3	23.0	23.9	25.1	26.5	27.9	29.4	6.3
Subcompacto	4.4	4.4	4.7	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.7	3.0
Compacto	4.1	4.2	4.7	5.1	5.5	5.7	5.9	6.3	6.6	7.0	6.1
Lujo y deportivo	1.3	1.2	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	7.8
Camionetas	4.9	5.1	6.3	7.2	8.2	8.7	9.2	9.9	10.6	11.4	9.7
Camionetas de uso intensivo	1.5	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7
Autobuses	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.4
Camiones medianos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
Camiones pesados	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	3.8

Es interesante observar que en 2013 no se presentó la relación directa que existía en años anteriores, es decir, entre el aumento de la demanda de gasolinas y el parque vehicular. En este año, el consumo de estos petrolíferos disminuyó y la cantidad de unidades vehiculares aumentó, esto debido probablemente a dos razones: 1) al uso de automóviles cada vez más eficientes en el consumo de la energía y 2) por el aumento del uso del gas natural en el sector transporte.

Otro aspecto importante que hay que revisar es el relacionado con la forma en que se distribuye el consumo de la energía producida, en la Figura 8 se representa el correspondiente al año 2013. En este sentido, es de resaltar que en México se consume más energía en transporte que en los sectores industriales; dicho de otro modo, se gasta más energía para moverse de un lugar a otro que en la producción de bienes de consumo.

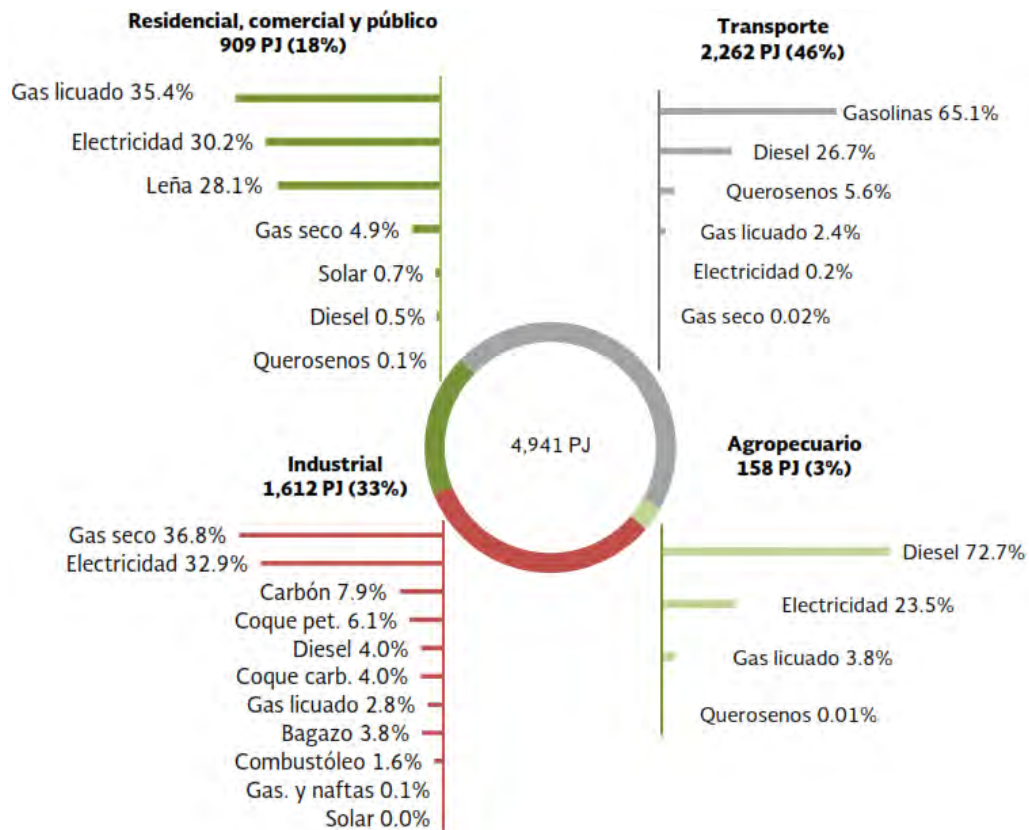


Figura 8 – Distribución del consumo de energía durante 2013 [19].

2.2. Generación de energía eléctrica

Ahora bien, otro sector energético de suma importancia en el país es el relacionado con la generación de energía eléctrica. En México esta tarea recae directamente en CFE, quien en términos generales es la encargada de realizar la generación, distribución y venta de la energía eléctrica.

En la figura 9, se presenta la capacidad instalada de generación de energía eléctrica por tipo de fuente en el año 2013.

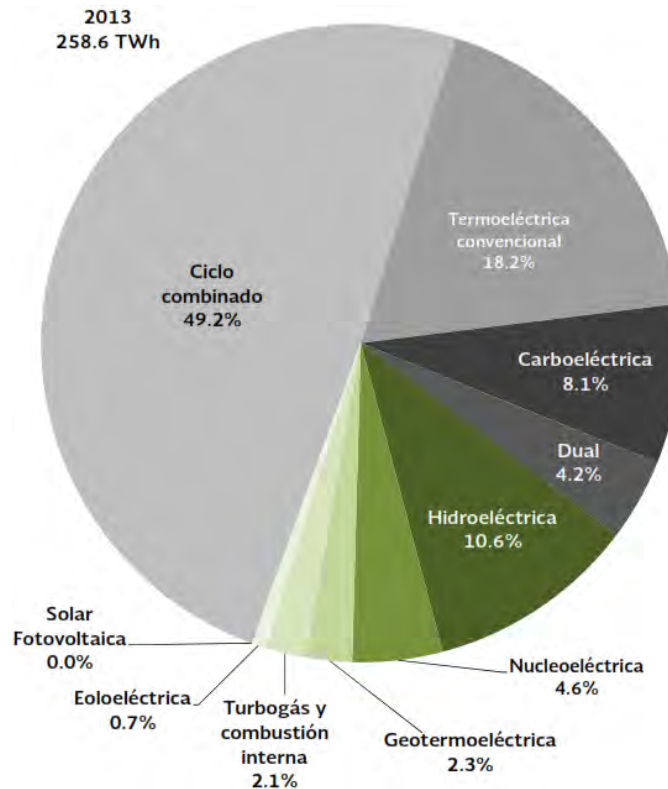


Figura 9 – Capacidad instalada de generación de energía eléctrica por tipo de fuente, 2013 (GWh) [3].

Como se puede observar, el 81.9% de la energía eléctrica producida en el país depende de los combustibles de origen fósil. El porcentaje restante se genera en su mayor parte en las plantas hidroeléctricas, y en menor proporción en las geotermoeléctricas, la planta nucleoeléctrica de Laguna verde y en una fracción que todavía no representa ni el 1% del total por las eoloeléctricas. Cabe mencionar que para el 2007, la energía eólica aún aparecía con una participación del 0% en la gráfica de capacidad instalada de generación de energía eléctrica [20], mientras que para el 2013 representó un 0.7%, mostrando un incremento considerable, aunque todavía el porcentaje de su participación es casi nulo. Sin embargo, en los últimos años se han estado realizando esfuerzos notables para ampliar la participación de la energía eólica mediante la instalación de parques. Actualmente se cuenta con 31 parques eólicos en todo el País [23].

De manera comparativa, la Figura 10 permite apreciar cómo un lapso de 10 años ha representado un cambio tan marcado en las fuentes de energía utilizadas para generar energía eléctrica en la nación.

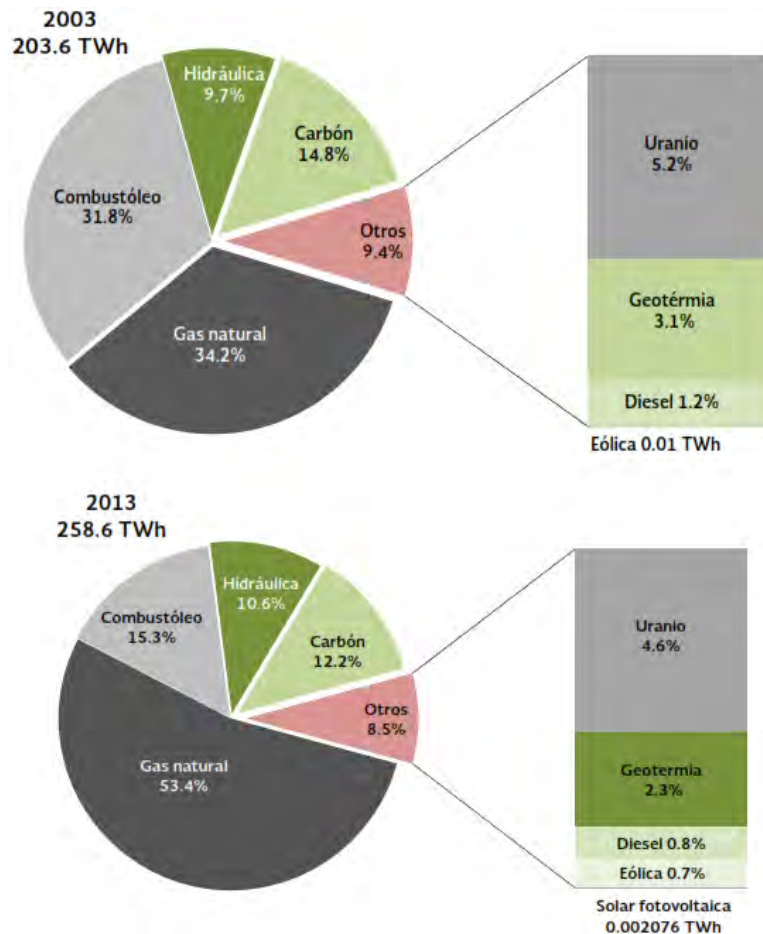


Figura 10 – Generación de energía eléctrica por fuente de energía utilizada, 2003 y 2013 (TWh y participación porcentual) [3].

Para el año 2013 el gas natural prácticamente duplica su uso, concentrando el 53.4% del total de generación, reduciendo en consecuencia el uso de combustóleo al 15.3%. A lo largo de la década, el gas natural tuvo una tasa media de crecimiento anual de 8%, mientras que la de combustóleo ha sido decreciente (-5.6%), lo que muestra la fuerte sustitución que hay dentro de estos combustibles.

En materia de fuentes limpias y renovables, la reducción en la participación de uranio se ha complementado con el surgimiento de otras fuentes renovables como la eólica que, con una tasa media de crecimiento anual entre los años 2003 y 2013 de 66.5% se presenta como la más alta registrada dentro de estos combustibles (Figura 11).

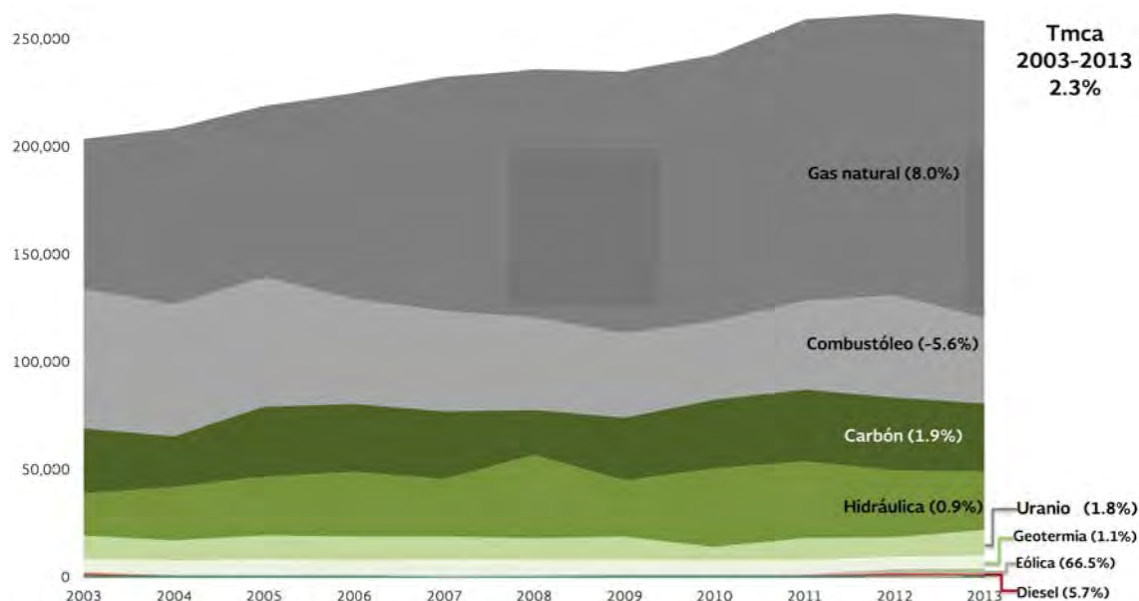


Figura 11 – Generación de energía eléctrica por fuente de energía utilizada, 2003-2013 (Tasa media de crecimiento anual del periodo) [3].

2.3. Prospectiva del sector energético mexicano

Cada año tanto PEMEX como CFE deben emitir sus respectivos programas de planeación de acuerdo a la ley; es así que dichas instancias publican sus prospectivas, que en otras palabras son sus planes en materia energética incluyendo al petróleo, gas natural y electricidad a 10 años. Con respecto a las prospectivas de CFE y PEMEX –que cuentan con el aval de la SENER-, a continuación se exponen algunos puntos que se consideran importantes y que representan aspectos destacados de la visión a 10 años que tienen estas paraestatales. Cabe mencionar, que PEMEX es la novena compañía más grande del mundo referente a la industria del petróleo [24].

En primer término se resalta que en los programas sectoriales de PEMEX, se mantiene la tendencia a continuar con la dependencia de combustibles fósiles, a pesar de que las reservas probadas indican que tales recursos pronto comenzarán a escasear. Como se puede observar en la Figura 12, los principales proyectos Cantarell, Ku-Maalob-Zaap y ATG –que en 2014 representaban 52.6% de la producción nacional- presentarán disminuciones importantes en su producción, lo cual se estima que suceda a partir del año 2017.

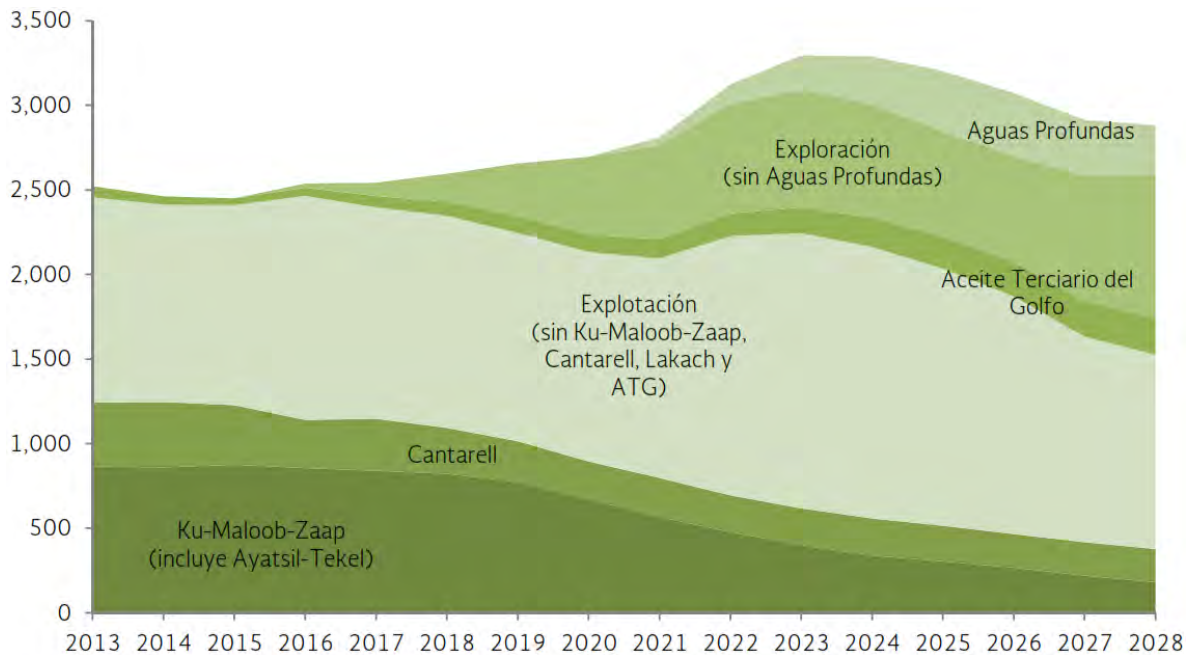


Figura 12 – Producción de crudo por categoría de proyectos, 2013-2028 (Miles de barriles diarios) [22].

Entre 2006 y 2012, PEMEX había logrado mantener una tendencia creciente en la tasa de restitución integral de reservas probadas de hidrocarburos, al pasar de 41% en 2006 a 104.3%, sin embargo, en 2013 ésta presentó una disminución importante ubicándose en 67.8%. En cuanto a la tasa de restitución de las reservas de hidrocarburos 3P¹ por descubrimientos fue de 87.2% (ver Figura 13) [22].

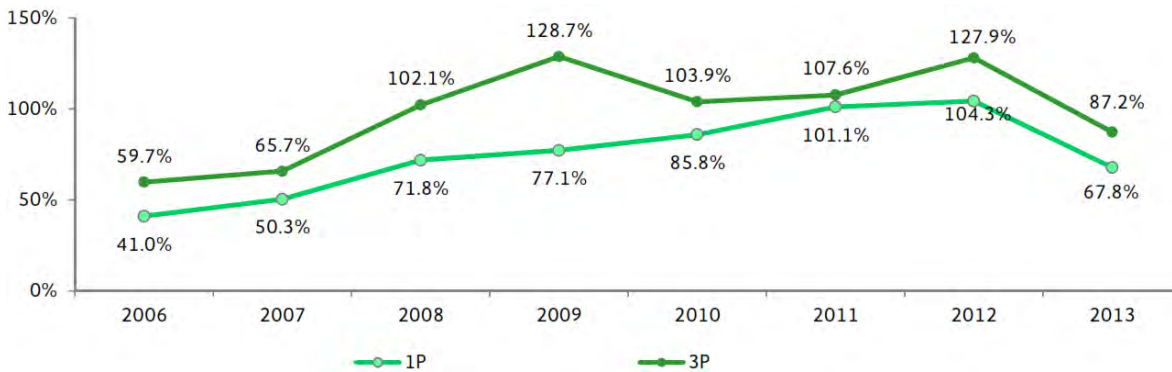


Figura 13 – Tasa de restitución de reservas de hidrocarburos, 2006-2013 (Miles de barriles de petróleo crudo equivalente) [22].

¹ Reservas remanentes totales resultado de la suma de las reservas probadas, probables y posibles de hidrocarburos.

La relación reserva-producción que resulta de dividir las reservas remanentes² al 31 de diciembre de 2013 entre la producción del año 2013 alcanzó un valor de 31.6 años, esto considerando las reservas remanentes 3P de petróleo crudo equivalente. Para la suma de las reservas probadas más probables (2P) la relación es de 18.6 años y para las reservas probadas de 10.1 años, las cuales fueron calculadas considerando una producción acumulada de 1,333.2 millones de barriles de petróleo crudo equivalente [22].

Con lo anterior se puede decir que la tasa de recuperación de reservas no compensa el ritmo de las disminuciones en la producción de petróleo; en cuanto a la explotación en aguas profundas, habrá que esperar hasta después del 2017 para que ésta aporte algo significativo. Ahora bien, en lo que respecta a los combustibles derivados del petróleo, el más importante es la gasolina, cuya producción de 2003 a 2013 se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3 – Producción de petrolíferos en el SNR, 2003-2013 (Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente) [22].

Combustible	Datos anuales											tmca
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Gasolinas	368.6	386.2	364.2	366.6	367.8	361.8	377.3	335.5	322.1	345.0	352.2	-0.5
Combustóleo	427.6	396.9	378.3	350.7	325.1	311.3	341.0	347.6	331.6	294.9	289.9	-3.8
Coque de petróleo	12.2	20.9	22.0	23.6	24.4	27.1	28.3	21.8	23.5	37.1	43.2	13.4
Diesel	307.5	324.4	317.9	327.8	333.8	343.2	336.7	289.3	273.5	299.4	313.2	0.2
Turbosina	57.6	60.1	61.2	62.7	64.1	61.9	55.2	50.2	54.5	54.8	58.8	0.2
Total	1,173.6	1,188.5	1,143.6	1,131.4	1,115.2	1,105.3	1,138.5	1,044.2	1,005.2	1,031.1	1,057.3	-1.0

Se puede notar que la producción de gasolinas ha tenido altos y bajos, más no ha sido menor a los 320 mil barriles diarios de petróleo crudo equivalente. En contraste, la demanda de gasolinas ha continuado creciendo con el pasar de los años (ver Tabla 4).

² Volumen de hidrocarburos medido a condiciones atmosféricas, que queda por producirse económicamente de un yacimiento a determinada fecha, con las técnicas de explotación aplicables. Es la diferencia entre la reserva original y la producción acumulada de hidrocarburos a una fecha específica.

Tabla 4 - Demanda regional de gasolinas en el autotransporte, 2003-2013 (Miles de barriles diarios) [22].

Región	Datos anuales											tmca 2003-2013
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Total	600.5	636.1	671.5	718.3	760.3	792.0	791.9	801.6	799.1	803.2	786.9	2.7
Noroeste	72.8	78.9	85.6	92.2	98.3	103.9	100.0	100.7	101.6	102.6	98.8	3.1
Noreste	115.4	121.8	129.0	139.4	147.3	153.6	151.4	148.1	142.2	141.7	141.3	2.0
Centro-Occidente	137.8	147.1	155.3	165.8	175.8	181.0	183.9	187.3	186.6	187.5	181.5	2.8
Centro	188.4	194.3	200.6	210.4	218.6	224.8	223.9	229.3	230.6	230.2	226.7	1.9
Sur-Sureste	86.1	94.0	101.0	110.5	120.3	128.6	132.6	136.2	138.1	141.2	138.5	4.9

Esto quiere decir que el 55.24% de la gasolina que se consume en el país se tiene que importar. La tendencia señala que para el 2028 la demanda de gasolina crecerá hasta los 1,059.3 mil barriles diarios, mientras que la producción planteada en la prospectiva de PEMEX es de 539 mil barriles diarios [22]. Lo anterior demuestra que pese a los proyectos por incrementar la producción de gasolinas, PEMEX no espera satisfacer ni el 55% de la demanda; luego entonces el país deberá incrementar –a la par con la demanda- la importación de gasolinas, la cual deberá de ser del orden de 49.12%.

Por otra parte, con respecto al gas natural, para el año 2013 se tenía una demanda de 6,952.4 millones de pies cúbicos diarios (mmpcd), de los cuales el 42% fue destinado para la generación de energía eléctrica, como se puede observar en la Figura 14.

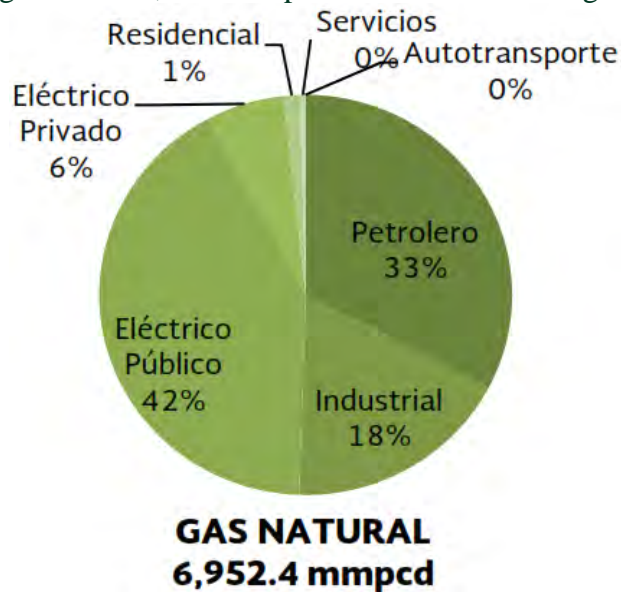


Figura 14 – Demanda nacional de gas natural, 2013 (participación porcentual) [25].

Las importaciones totales de gas natural en 2013 fueron de 2,516.6 millones de pies cúbicos diarios, es decir, 18.1% mayor que el año anterior, durante el periodo 2003-2013 éstas presentaron una tasa media de crecimiento anual (tmca) de 9.7%.

Se espera que al final del periodo prospectivo la demanda de gas natural sea de 11,595.2 millones de pies cúbicos diarios, mientras que la producción será de 7,748.8 mmpcd, lo que representa una diferencia de 3,846.5 mmpcd. Para atender dicha demanda, se planea diversificar las fuentes de abastecimiento. Se espera que las importaciones mediante ductos tengan un incremento de casi 158% respecto a 2013 (ver Figura 15).

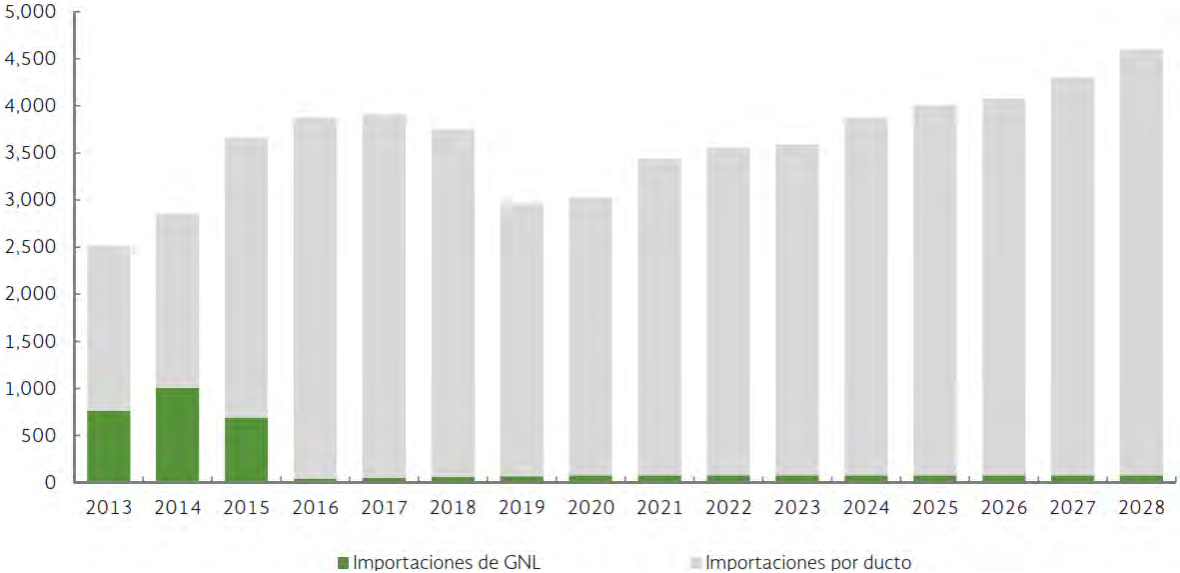


Figura 15 – Importaciones de gas natural, 2013-2028 (mmpcd) [25].

Es importante resaltar la relación que existe entre el gas natural y el sector eléctrico, ya que según datos de la SENER para el periodo 2013-2028, sólo el 17.24% de las centrales corresponden a energías renovables; mientras que el 57.72% de la capacidad adicional dependerá del gas como combustible (ver Tabla 5).

Tabla 5 – Capacidad adicional por tecnología, 2013-2028 (MW) [3].

Tecnología	Terminados, construcción o licitación	Por licitar	Licitación futura	Total (MW)
Ciclo combinado	3,182	6,035	21,717	30,934
Hidroeléctrica	750	480	2,314	3,544
Geotermoeléctrica	134	2	216	351
Turbogás	521	86	527	1,134
Combustión interna	110	58	11	178
Eoloeléctrica	103	1,688	2,800	4,591
Solar	49	4	1,390	1,443
Nueva generación limpia ^{1/}	0	0	12,775	12,775
Subtotal	4,848	8,352	41,750	54,950
Incremento en RM ^{2/}	600			600
Total ^{3/}	5,448	8,352	41,750	55,550

Como se puede apreciar en la Figura 16, la SENER y por ende el país, mantendrá el mismo esquema de dependencia hacia los combustibles de origen fósil para la generación de energía eléctrica para el año 2028.

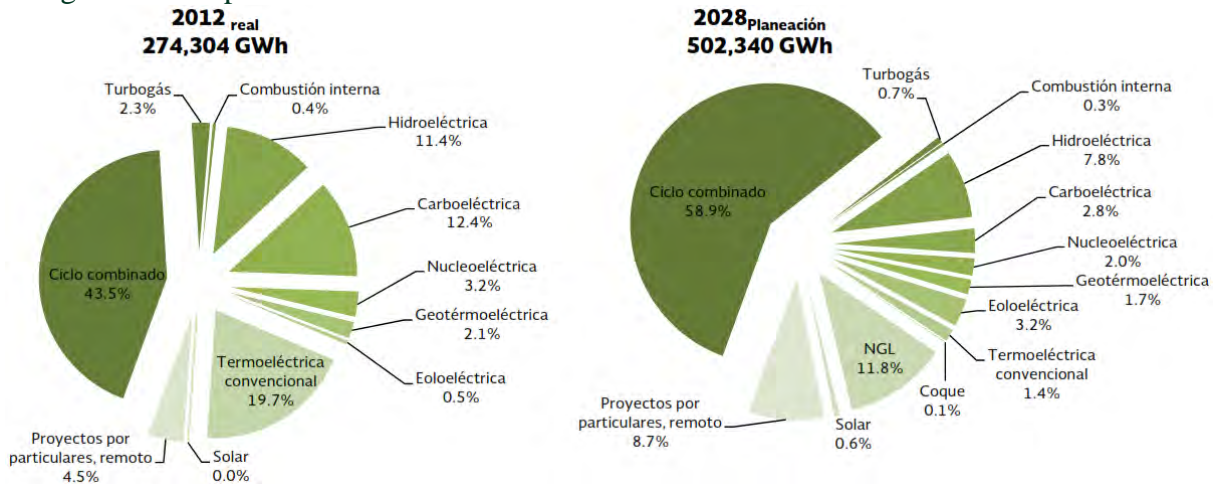


Figura 16 – Generación bruta por tipo de tecnología, sistema eléctrico (GWh) [3].

Es así que no se refleja en los planes a futuro un cambio de dirección en el actual consumo de combustibles de origen fósil y el aprovechamiento de los recursos renovables.

CAPÍTULO 3. QUINTANA ROO Y EL SECTOR ENERGÉTICO

3.1. Análisis socioeconómico de Quintana Roo al 2015

Para el año 2014 los servicios privados no financieros fueron el sector económico preponderante en cuanto a producción bruta total del estado de Quintana Roo, ya que su participación porcentual en la estructura sectorial fue del orden de 60.9% como se ve en la Figura 17.



Figura 17 – Estructura sectorial del estado (porcentaje) – Producción bruta total (2014) [26].

Los sectores comercio y servicios privados no financieros comprenden el 84.9% de la estructura sectorial del estado en cuanto a producción bruta, siendo el 15% restante conformado por las industrias manufactureras y el resto de los sectores.

En el plano nacional el total de sectores del estado tiene una participación porcentual del orden de 0.8%, sin embargo si se considera solamente los servicios privados no financieros estos alcanzan una participación de 2.9% con respecto al total nacional (ver Tabla 6).

Tabla 6 – Estructura sectorial, producción bruta total (2014) [26].

Sector	Miles de pesos Quintana Roo	% con respecto al total nacional
Total de los sectores	112853539	0.8
Pesca y acuicultura	142693	0.6
Minería	720595	0.1
Electricidad, agua y gas	2865244	0.6
Construcción	3131430	0.9
Manufacturas	6359656	0.1
Comercio	27101014	1.8
Transportes, correos y almacenamiento	3090190	0.6
Servicios financieros y de seguros	677713	0.1
Servicios privados no financieros	68765004	2.9

En la Tabla 6 podemos observar que los sectores con una participación porcentual respecto al total nacional mayor a 1% son los servicios privados no financieros y el comercio, lo cual resalta el hecho de que el sector terciario es el predominante en el estado. Cabe mencionar que el sector terciario ha sido desde 1975 el sector que más participación ha tenido en el PIB de Quintana Roo (ver Tabla 7).

Tabla 7 – Cambios en la participación relativa de los sectores económicos en el PIB estatal, 1975-2006 [27].

Años	Primario	Secundario	Terciario	PIB
1975	12.9	30.8	56.4	100.0
1980	6.9	10.8	82.3	100.0
1985	8.5	11.1	80.3	100.0
1988	5.0	9.0	86.0	100.0
1993	1.9	6.9	91.3	100.0
1994	1.5	6.9	91.6	100.0
1995	1.3	5.6	93.1	100.0
1996	1.7	6.1	92.3	100.0
1997	1.3	5.7	93.0	100.0
1998	1.2	5.9	92.9	100.0
1999	1.3	6.1	92.6	100.0
2000	0.9	6.1	93.0	100.0
2001	0.9	6.0	94.6	100.0
2002	1.0	5.7	94.8	100.0
2003	1.0	5.5	94.8	100.0
2004	1.0	5.4	94.6	100.0
2005	1.1	6.2	93.8	100.0
2006	1.2	6.5	94.2	100.0
Comportamiento	Descenso	Descenso	Ascenso	

Respecto a la actividad económica más importante, los hoteles y restaurantes es la que más participación tuvo en el PIB a nivel estatal con 20.7% del total en el año 2013. De igual manera dicha actividad aportó al PIB nacional el 14.5% [28]. Para el mismo año Quintana Roo captó el 40% del total de divisas que ingresaron al país por concepto de turismo, lo que resulta en una captación de 5,678.71 millones de dólares [29]. De manera paralela la derrama económica por la actividad turística en el estado se ha incrementado 9% en el periodo 2013-2014 como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8 – Derrama económica en millones de dólares, 2013-2014 [29].

Derrama Económica en MDD			
Destino	Enero - Diciembre		Diferencia %
	2013	2014	
Cancún	\$4,347.78	\$4,733.40	8.9%
Cozumel	\$485.96	\$617.78	27.1%
Chetumal	\$53.17	\$55.68	4.7%
Isla Mujeres	\$71.38	\$79.90	11.9%
Riviera Maya	\$2,619.63	\$2,772.14	5.8%
Estado	\$7,577.92	\$8,258.90	9.0%
Dólar	\$12.76	\$13.44	

3.2. Producto interno bruto (PIB)

Se ha denominado a Quintana Roo un “milagro económico” desde la década de los setenta, por las altas tasas de crecimiento de su producto interno bruto, que en 2013 fue de 239,277 mil millones de pesos, con lo que aportó 1.5% al PIB nacional [28]. No obstante, la realidad denota a un estado, que si bien es joven, presenta la clásica situación del norte rico y el sur deprimido; esto se pone de manifiesto al comparar el PIB per cápita de la ciudad de Cancún y Chetumal.

La ciudad de Cancún es la quinta ciudad más competitiva del país según el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) ya que alcanza un PIB per cápita de 161 mil pesos y cuenta con un índice de talento del orden de 46 puntos [30]. Lo anterior la sitúa en un nivel de competitividad adecuado. En contraste la ciudad de Chetumal está en el lugar 62 de la lista de ciudades más competitivas con un PIB per cápita de alrededor de 104 mil pesos y un índice de talento del orden de 32 puntos, lo que la sitúa en un nivel de competitividad medio bajo, formando parte de las ciudades intermedias respecto a competitividad [30]. Lo anterior deja claro cómo el desarrollo económico que deviene de las actividades turísticas se ve potenciado en el norte del estado y muy rezagado en las ciudades del sur.

3.3. Sector laboral

La tasa de ocupación para el año 2012 en el estado fue de 95.1% lo cual es superior a la media nacional que fue de 94.8% (ver Figura 18).

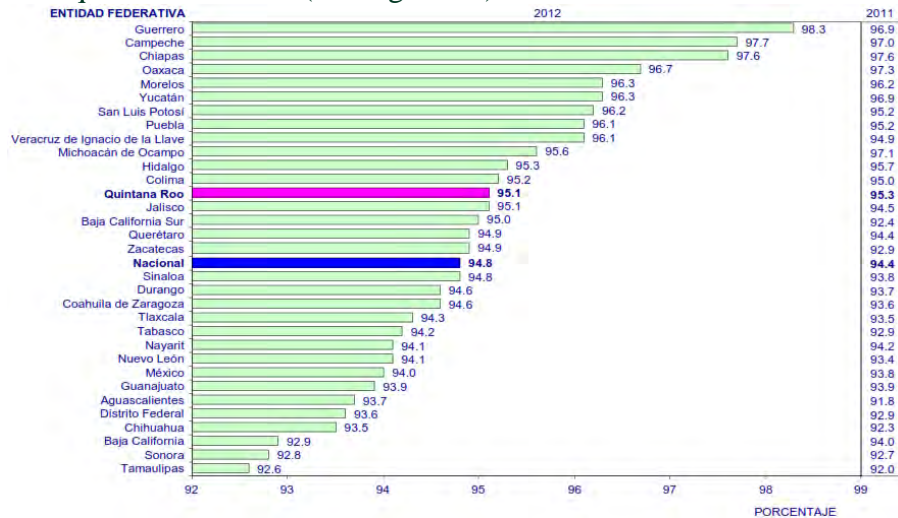


Figura 18 – Tasa de ocupación, 2011-2012 [31].

Sin embargo, pese a estar por encima de la media nacional, ha habido un incremento en la tasa de desocupación desde 2003, como lo ilustra la Tabla 9. En contraste, para el tercer trimestre del año 2016 (ver Figura 19), el ingreso promedio de la población ocupada en el estado fue alrededor de 6800 pesos mensuales.

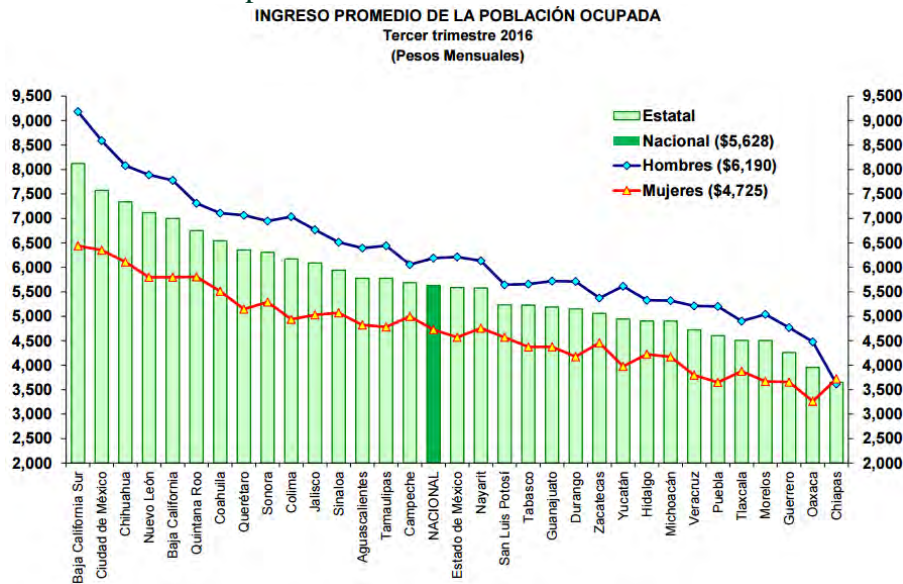


Figura 19 – Ingreso promedio de la población ocupada. Tercer trimestre 2016 (pesos mensuales) [32].

Tabla 9 – Tasa de desocupación, 2000-2012 [31].

Año y trimestre	Nacional	Entidad
2000	2.6	1.6
2001	2.8	1.4
2002	3.0	1.4
2003	3.4	2.2
2004	3.9	2.5
2005	3.6	2.6
2006	3.6	2.6
2007	3.7	2.6
2008	4.0	3.4
2009	5.5	5.2
2010	5.3	5.2
I	5.3	4.9
II	5.2	5.4
III	5.6	5.2
IV	5.3	5.2
2011	5.2	4.4
I	5.2	4.3
II	5.2	4.5
III	5.6	4.7
IV	4.8	4.3
2012		
I	4.9	3.7
II	4.8	4.1
III	5.2	4.9

Se puede observar como a lo largo de una década sólo hubo una ocasión donde la tasa de desocupación del estado fue superior a la tasa de desocupación nacional, lo cual ocurrió durante el segundo trimestre del año 2010. Desde el año 2003 se ha notado un alza en la tasa de desocupación del estado, la cual se ha mantenido superior a los 4 puntos porcentuales.

Cabe mencionar que no se toma en cuenta los datos del año 2012 ya que no estaban completos a la hora de la compilación de la información para el documento consultado; pese a ello, se puede notar que en el primer trimestre del año 2012 la tasa de desocupación fue menor a los 4 puntos porcentuales, sin embargo, esta volvió a subir hasta los 4.9 puntos

porcentuales durante el tercer trimestre del 2012. Respecto al salario Quintana Roo obtuvo un Salario Medio de Cotización al IMSS de 215.8 pesos en 2014, y se colocó por debajo del promedio nacional de 282.1 pesos [28]

3.4. Análisis técnico del sector energético

Estimaciones realizadas en 2010 situaban al estado como una de las áreas donde se espera un crecimiento importante en la demanda de electricidad [29], esto por el constante crecimiento de la actividad turística.

Ya para el año 2012, Quintana Roo contaba con 519 mil usuarios de energía eléctrica, lo cual es el 1.4% del total nacional; de manera paralela las ventas internas de energía eléctrica en el estado para el mismo año fue de 3,881.1 GWh, siendo esto el 1.9% del total nacional. Con todo ello, CFE no reporta proyectos de capacidad adicional de generación de energía eléctrica en el periodo 2012-2026. Respecto al consumo de gas LP para 2012, las ventas internas fueron el 1.3% del total nacional [34].

El problema reside en los precios medios de energía eléctrica en el estado, ya que para el año 2012 estos se situaron por encima de la media nacional en cada sector (ver Tabla 10).

Tabla 10 – Relación de precios medios de energía eléctrica entre Quintana Roo y México, 2012 [34].

Sector (\$/kWh)	Estado	País	Edo/País (Var %)
Residencial	1.32	1.17	12.8%
Comercial	2.96	2.91	1.7%
Servicios	2.19	2.08	5.3%
Agrícola	1.02	0.58	75.9%
Industrial	1.58	1.51	4.6%

El sector más afectado es el agrícola con un sobreprecio del 75.9% respecto a la media nacional, lo cual limita el acceso a la energía eléctrica y por ende sesga el crecimiento del sector.

En cuanto a generación de energía eléctrica el estado generó el 0.1% del total nacional - 131.6 GWh- para el 2012. La Figura 20 ilustra el porcentaje de participación de los combustibles fósiles y no fósiles en la generación de energía eléctrica del estado.

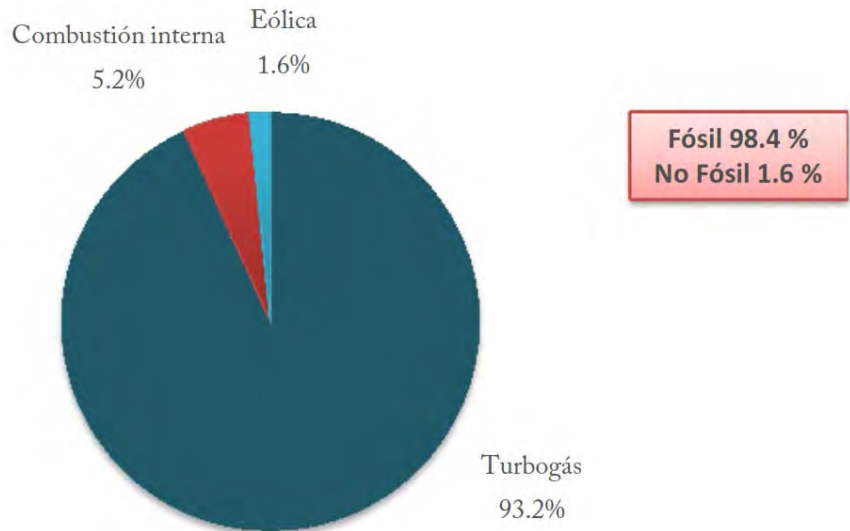


Figura 20 – Generación de energía eléctrica por tipo de fuente (2012) [34].

Si bien la energía eléctrica generada en el estado es sólo el 3.4% de lo que este consume, la tendencia en la demanda es un crecimiento constante (ver Figura 21).

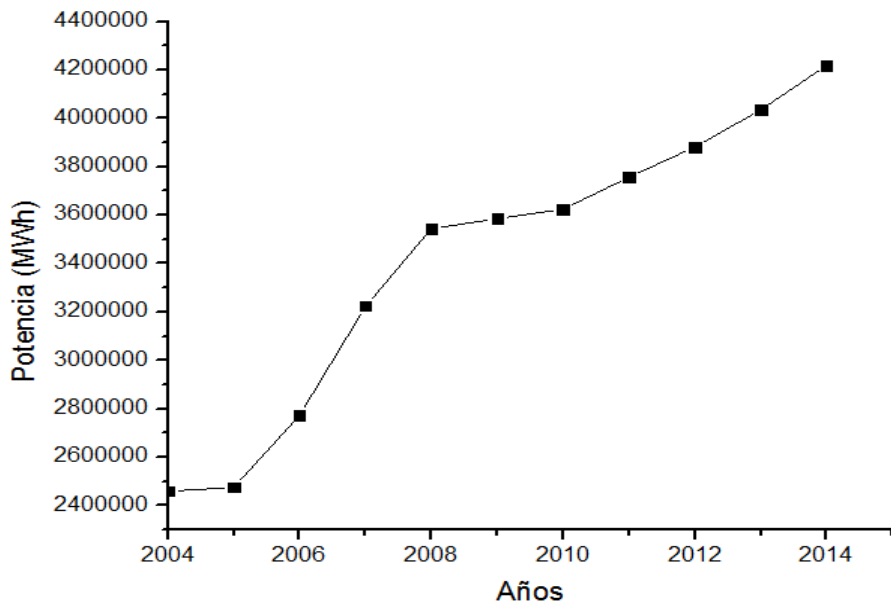


Figura 21 – ventas internas de energía eléctrica en Quintana Roo, 2004-2014 [19].

Dada la situación, existe la necesidad de instalar nuevas centrales de generación de energía eléctrica que sean de bajo impacto ambiental para satisfacer la creciente demanda.

En este rubro Quintana Roo cuenta con un gran potencial eólico -que hasta ahora no ha sido explotado- ya que la velocidad de viento promedio se encuentra entre los 3 m/s y 4.7 m/s, como se ilustra en la Figura 22.

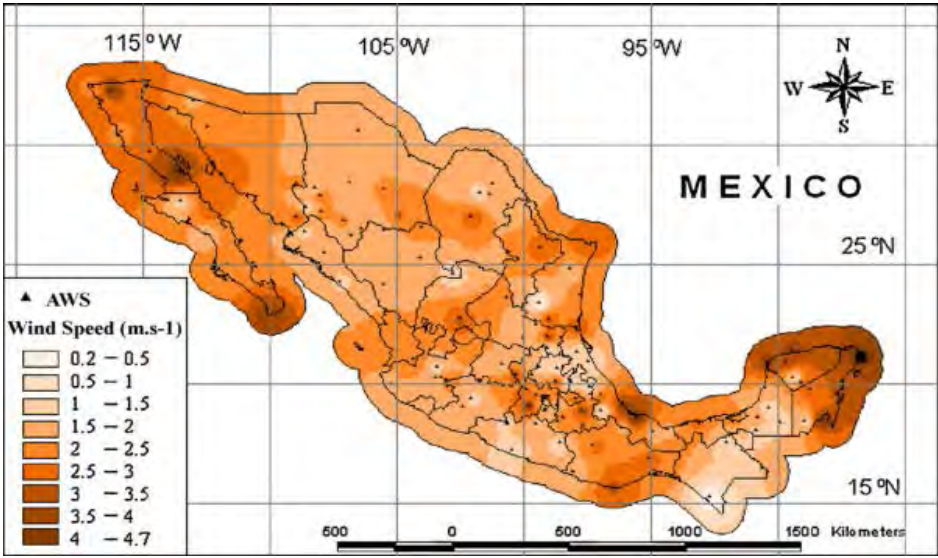


Figura 22 – Mapeo de la velocidad media de viento en México 2010 [35].

En la zona costera del estado es donde se concentra el mayor recurso eólico. De igual manera el estado cuenta con gran cantidad de horas útiles de viento –horas donde la velocidad de viento es mayor a 3 m/s- (ver Figura 23).

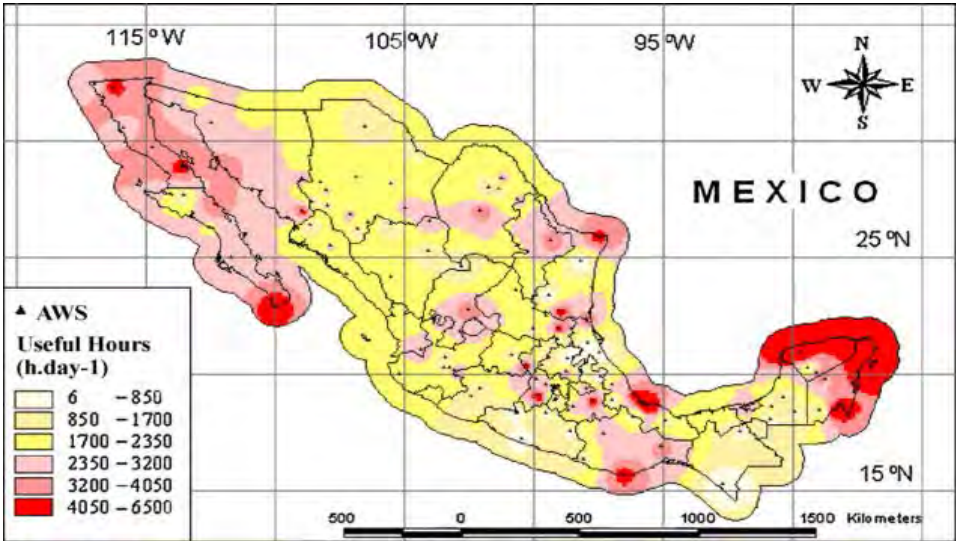


Figura 23 – Mapeo de horas útiles de viento al día en México (2010) [35].

Respecto a la potencia que se pudiera generar en el estado, la investigación de Hernández, Manzano y Zapata señala que existe la posibilidad de generar alrededor de 15 MW por turbina instalada [35]. Sin embargo la turbina con la que realizan el análisis –modelo G90-2.0 MW [17]- no especifica qué velocidades máximas de viento soporta, luego entonces no se conoce su resistencia ante huracanes y, dado que el estado de Quintana Roo es propenso a este tipo de fenómeno meteorológico es recomendable que las turbinas eólicas que se vayan a instalar resistan altas velocidades de viento.

Si bien la investigación de Hernández, Manzano y Zapata brinda un mapa del recurso eólico nacional, se necesita de un análisis local para poder aprovechar de la mejor manera el recurso eólico con el que cuenta el estado. Es así que se analiza por municipio tanto la velocidad de viento como las horas útiles del viento (ver Tabla 11).

Tabla 11 – Recurso eólico por municipio [34].

Municipio	Velocidad de viento (m/s)	horas útiles de viento (>3m/s)
Isla Mujeres	4.0-4.7	4050-6500
Benito Juárez	3.5-4.7	4050-6500
Lázaro Cárdenas	3.5-4	4050-6500
Cozumel	3.0-4.0	4050-6500
Solidaridad	3.5-4.0	4050-6500
Tulum	3.0-3.5	4050-6500
Felipe Carrillo Puerto	2.5-3.5*	3200-4050
José Ma. Morelos	2.0-3.0	1700-4050
Bacalar	2-3.5	1700-4050
Othón P. Blanco	1.0-3.5*	850-6500**

*El mejor recurso eólico de estos municipios reside en las zonas costeras.

**La mayor cantidad de horas útiles de Othón P. Blanco se encuentra en la Bahía de Chetumal.

Elaboración propia

Al conocer el recurso eólico con el que cuenta cada municipio resulta más sencillo decidir donde instalar los aerogeneradores para aprovechar de la mejor manera el recurso eólico del estado. Ahora el detalle reside en elegir las turbinas correctas para las condiciones climáticas a las que se ven sometidos los municipios.

Es así que se propone emplear las turbinas NPS100C-24 y NPS100C-21 –recomendadas para granjas, escuelas, resorts, negocios y hospitales- de la empresa Northern Power Systems ya que ambas turbinas pueden soportar vientos de huracanes categoría 2 y 3 respectivamente. En la Tabla 12 se define la potencia que se puede generar por turbina en cada municipio.

Tabla 12 – Potencia anual por turbina en cada municipio [34, 36-37].

Municipio	Consideraciones*		Energía anual por turbina (MWh/año)	
	Velocidad de viento (m/s)	Horas útiles de viento (>3m/s)	NPS100C-21	NPS100C-24
Isla Mujeres	4	4050	16,605	29,16
Benito Juárez	4	4050	16,605	29,16
Lázaro Cárdenas	3,5	4050	9,315	17,01
Cozumel	3,5	4050	9,315	17,01
Solidaridad	3,5	4050	9,315	17,01
Tulum	3	4050	2,025	4,86
Felipe Carrillo Puerto	3	4050	2,025	4,86
José Ma. Morelos	2,5	3200	0,8	1,92
Bacalar	3	3200	1,6	3,84
Othón P. Blanco	3	4050	2,025	4,86
*Se eligió el dato mínimo de la mejor locación por municipio tomando el mínimo de horas útiles.				
Elaboración propia				

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA HACIA UN FUTURO SUSTENTABLE

En el presente capítulo se abordan ideas que son consideradas de alta importancia y se describen los ejes, acciones y metas que, a criterio del autor, son necesarias para transitar a un nuevo régimen energético de manera organizada, consciente e inclusiva.

Una vez habiendo expuesto la generalidad de las propuestas y de los programas ejemplo de política energética, se procede a la descripción más detallada de uno de los programas de aplicación de tecnología para generación renovable de energía eléctrica. Cabe señalar que sólo se elige una fuente de energía renovable para tal descripción ya que se resalta la inclusión de factores sociales y ambientales en el análisis de factibilidad y rentabilidad de dicho programa.

Al finalizar, se cierra el documento con un apartado para las conclusiones a las que se llegó a través de la investigación y otro denominado perspectivas cuyo objetivo es abrir nuevas líneas de investigación que puedan profundizar en la aplicación de un análisis holístico para la integración de otras fuentes de energía renovable al sector energético del estado de Quintana Roo.

4.1. Ideas prioritarias para un Plan Energético de Acción Estatal ante el Cambio Climático

Desde un punto de vista general, se pretende organizar ideas que contemplen puntos prioritarios en un plan de acción estatal. Estas ideas se organizan en ejes, acciones y metas, que buscan coadyuvar en la toma de decisiones acertadas para el desarrollo sustentable del estado de Quintana Roo.

Los ejes, acciones y metas propuestas pueden tener un orden cronológico, sin embargo uno de los ejes planteados en este trabajo prioriza una “Planeación local holística”, la cual gobierna de manera cruzada (con retroalimentación) la implementación de cualquier acción. En este sentido, los ejes deben vincularse y pueden tener un orden en tiempo paralelo y/o en serie.

En la sección 4.1.1 se describe los ejes con algunas acciones ejemplo y en la sección 4.1.2 se describen con mayor detalle algunas acciones y metas, de acuerdo a la propuesta de algunos programas ejemplo.

El objetivo general del Plan, es motivar el desarrollo socioeconómico y elevar la calidad de vida de los habitantes del Estado de Quintana Roo mediante una estrategia de transición energética sustentable, adaptativa y de bajo impacto ambiental.

4.1.1 Ejes estratégicos

1. ***Innovación, educación y cultura.*** Este eje es el más general, la propuesta es fortalecer las acciones actuales de educación y apropiación social del conocimiento para incentivar la transición y la consolidación de una sociedad con sector energético sustentable. Las acciones propuestas en este trabajo, las cuales no excluyen otras opciones, son: i) Revisión curricular de los programas educativos y asignaturas impartidas en el nivel primaria, secundaria y bachiller, para fortalecer y/o incluir a la sustentabilidad como un tema central para el desarrollo. ii) Impartición habitual de cursos y talleres extracurriculares a estudiantes de todos los niveles, y al público en general, de “Ahorro, uso y generación eficiente de energía”. iii) Creación de un centro de investigación de ingeniería en sistemas de energía, como un organismo estatal que intensifique el aprovechamiento sustentable de la energía en el estado de Quintana Roo, este organismo debe contemplar tres sectores gobernantes: A) generación, implementación y seguimiento de políticas públicas. B) Desarrollo de ciencia y tecnología aplicada y generación de recursos humanos especializados, para que mediante innovación tecnológica fortalezca las capacidades locales y solucione los retos energéticos del estado. C) Transferencia tecnológica que promueva la adopción de la tecnología en las empresas actuales y genere nuevas oportunidades empresariales en el estado. A corto plazo este impacto será a nivel local, sin embargo a mediano y largo plazo, el impacto es a nivel regional e internacional.
2. ***Planeación local holística, continuidad y seguimiento.*** Independientemente del origen técnico, las acciones de implementación y desarrollo, propuestas para impactar a un futuro sustentable, deben contemplar una etapa indispensable de planeación específica que contemple de manera holística las condiciones locales, su perspectiva de continuidad a mediano y largo plazo y sus etapas de seguimiento y mantenimiento. En este aspecto, la preparación social y cultural debe ser ampliamente ponderada. Las acciones propuestas en este trabajo, las cuales no excluyen otras opciones, son: i) consulta ciudadana para planeación, esta acción debe ser realizada de manera previa a la definición técnica de cualquier proyecto de implementación tecnológica. Esta acción requiere un manejo efectivo de la información cruzada y condiciona a las definiciones técnicas. ii) Concientización, capacitación y entrenamiento, acción realizada de manera paralela a la consulta ciudadana, al final de la instalación, y debe mantenerse como una estrategia de apropiación del conocimiento durante la vida útil de los sistemas implementados y de acuerdo a un plan de seguimiento. iii) Continuidad y seguimiento, contemplando como mínimo: A) evaluaciones periódicas de los objetivos y metas científicas y técnicas. B) Etapas de mantenimiento de los equipos y sistemas. C)

Acciones retro-alimentadas para garantizar la aceptación pública y la eficiencia de las autoridades de acuerdo a la ejecución del proyecto específico.

3. ***Eficiencia energética.*** Este eje contempla las acciones que permitan el ahorro y uso eficiente de la energía de sistemas actuales y/o futuros. En este aspecto se puede realizar la sustitución de tecnología obsoleta y/o aplicación de técnicas y prototipos nuevos que permitan disminuir el consumo energético. De manera general, y como punto de partida de este eje, se propone la implementación de auditorías energéticas como estrategia para identificar soluciones de ahorro de energía, principalmente en aspectos térmicos, eléctricos y de ahorro de combustible. Se debe tener en cuenta, que por la obligación política y social, este eje debe contemplar en primera instancia su implementación en edificios públicos, en los tres niveles gubernamentales. En segunda instancia, principalmente por su obligación y capacidad de transferencia cultural, se debe priorizar la implementación en edificios educativos en todos los niveles, públicos y privados. Las acciones propuestas en este trabajo, que son descritas adelante como ejemplos descriptivos y no excluyen otras opciones, son: i) sustitución de sistemas obsoletos de refrigeración y aire acondicionado, por sistemas modernos de mayor eficiencia energética. En este aspecto se debe resaltar la obligación para el cumplimiento de las normas mexicanas. ii) Implementación de técnicas pasivas y activas para reducción de ganancia de calor en edificaciones. iii) Sustitución de iluminación obsoleta por lámparas de mayor eficiencia. iv) Implementación y/o desarrollo e innovación de opciones electrónicas de control y automatización inteligente.
4. ***Energías renovables.*** Este eje contempla la implementación de tecnologías renovables para generación sustentable de energía. Las acciones propuestas en este trabajo, que son descritas adelante como ejemplos descriptivos y no excluyen otras opciones, son: i) Inventario estatal del recurso renovable. ii) Parques solares de mediana y gran potencia para consumos específicos. iii) Sistemas solares distribuidos con inter-conexión a la red de CFE para viviendas. iv) Parques eólicos en zonas alto potencia de viento. v) Almacenamiento de energía en forma de hidrógeno. vi) Priorización de aplicaciones para satisfacer de demandas eléctricas críticas en caso de desastres naturales.
5. ***Desarrollo y sustentabilidad.*** De acuerdo a la definición de sustentabilidad, este eje enmarca un crecimiento acelerado de la sociedad a partir de un desarrollo económico y defendiendo ampliamente un respeto ambiental. Estas metas son intrínsecas del Plan, pero para que se hagan realidad se requiere de la preparación cultural, la infraestructura necesaria y las políticas públicas que lo promuevan, estas condiciones ya han sido contempladas en los ejes anteriores. Sin embargo este eje es necesario para hacer énfasis en la necesidad del cuidado ambiental, la necesidad de desarrollo económico a partir de empresas responsables y crecimiento cultural y académico en la sociedad como motores de la sustentabilidad.

4.1.2. Programas ejemplo

En esta sección se describen las condiciones generales de diez programas ejemplo. Estos temas fueron delimitados de acuerdo al alcance de la tesis de licenciatura. Cabe mencionar que en el trabajo futuro se pretenden incluir un mayor número de programas y soluciones. Por ejemplo, en este trabajo de licenciatura no se incluyen programas de energía solar fotovoltaica, fototérmica, uso del sargazo, métodos pasivos y activos de edificación sustentable y sistemas electrónicos, de control y automatización inteligente, por mencionar algunos.

Los programas que aquí se presentan vinculan los ejes planteados anteriormente y ejemplifican algunas de las acciones propuestas. Asimismo se debe mencionar que las secciones 4.2 y 4.3 extienden dos acciones específicas al marco de este mismo Plan.

La lista que hace un resumen del título de los programas, es:

1. Medición de conciencia energética y consulta ciudadana.
2. Creación y desarrollo de la conciencia energética de los habitantes del Estado.
3. Creación de un Centro de Investigación e Ingeniería en Sistemas de Energía.
4. Inventario del recurso renovable del estado.
5. Disminuir el consumo de gas LP y madera por parte de los habitantes del estado.
6. Disminuir el gasto en energía eléctrica para iluminación pública por parte de los municipios.
7. Disminuir el gasto en energía eléctrica por parte de los habitantes del estado.
8. Comunicación para caso de desastres naturales con energía renovable y almacenamiento de energía en forma de hidrógeno.
9. Aprovechamiento del potencial eólico por municipio.
10. Transferencia tecnológica y desarrollo de nuevas empresas.

Programa 1. Medición de conciencia energética y consulta ciudadana.

Objetivo: Recopilar información respecto a la conciencia energética de la sociedad, cuantificar el nivel de conciencia e identificar los puntos más débiles de la sociedad Quintanarroense.

Metas:

- Consulta ciudadana en zonas rurales y en los sectores educativo, privado y público para cuantificar el nivel de conciencia energética –alcanzar más del 80%-, esto para crear

una línea base. Al concretar este punto, se procede a compilar la información para difundirla a la sociedad en general.

- Basados en la información anterior se definen y aplican programas de conciencia energética dirigidos a las zonas rurales, sector educativo, sector privado y sector público. Al concluir cada programa se aplicará un cuestionario con el fin de analizar los resultados obtenidos.
- Con base a la información anterior se procede a evaluar el impacto de los programas en cada caso y se concluye con un informe que ilustre los resultados obtenidos por cada programa. En la evaluación de los programas se pretende llevar a cabo una segunda consulta ciudadana para identificar variaciones en el nivel de conciencia energética y definir la eficiencia de los programas.
- Identificación de los retos energéticos del estado.

Resumen de sectores: 1) Zonas rurales, de acuerdo a la información recabada, existe la necesidad de consultar a más del 85% de las zonas rurales de cada municipio. 2) Sector educativo, aplicación de un breve cuestionario en las principales instituciones del estado, tanto al nivel básico, como al nivel medio y superior. Para cada nivel educativo se requiere de una estrategia específica, por ello para el diseño de cada programa se propone reuniones con pedagogos que puedan aportar ideas para construir los programas. 3) Sector privado, llevar a cabo entrevistas con los gerentes y representantes legales de las empresas. 4) Sector público, encuestas a los trabajadores del Estado.

Principales resultados esperados: 1) Crear una base de datos para definir línea base, una evaluación y diagnóstico e informe de resultados. 2) Mapa por municipio que permita la definición de una estrategia holística la cual contemple soluciones a los retos encontrados. 3) Priorización de factores necesarios –Línea base- para incrementar la aceptación de los ejes del Plan. 4) Diseñar infográficos para difundir los resultados de la consulta ciudadana y propiciar una mayor conciencia sustentable.

Programa 2. Creación y desarrollo de la conciencia energética de los habitantes del Estado.

Objetivo: Definir las vías pedagógicas para incluir la conciencia energética dentro de los programas educativos y asignaturas impartidas en los niveles primaria, secundaria y bachiller, así como crear, aplicar y evaluar cursos y talleres para llevar a cabo.

Metas:

- Revisión curricular de los programas educativos y asignaturas impartidas en el nivel primaria, secundaria y bachiller, para fortalecer y/o incluir a la sustentabilidad como un tema central para el desarrollo
- Impartición habitual de cursos y talleres extracurriculares a estudiantes de todos los niveles, y al público en general, de “ahorro, uso y generación eficiente de energía”,

“Repercusiones del cambio climático”, “el cambio climático y la energía”, “energía sustentable”, entre otras.

- Creación de página web con modalidad para smartphones para que los habitantes puedan acceder fácilmente a la información. Para el caso rural se recomienda acudir a las localidades para compartir de manera oral –si se pueden emplear presentaciones mejor- la información hasta ahora obtenida y, motivar la apropiación social del conocimiento.

Resumen de algunas definiciones importantes: Para las primarias se propone emplear los planetarios para proyectar documentales respecto a cómo la energía se relaciona con el cambio climático. Asimismo, se pueden implementar Talleres interactivos respecto a la sustentabilidad y las energías renovables. Para el nivel medio superior se propone impartir conferencias con especialistas y talleres con prototipos. Para el nivel Superior, además de las conferencias magistrales se pueden incluir talleres y cursos especializados, congresos, estancias y concursos de innovación. Para el sector privado se debe priorizar el sector turístico buscando un giro hacia el turismo sustentable de bajo impacto ambiental, este puede ser desarrollado mediante capacitación del personal, congresos internacionales y foros de discusión respecto a la dinámica entre el sector energético y el desarrollo turístico. Para el sector público, se deben contemplar dos actores principales: los trabajadores del estado y la sociedad en general, esto para armar un programa para cada actor.

Principales Resultados esperados: 1) inclusión de los temas energéticos en los programas educativos y asignaturas de todos los niveles. 2) Creación, aplicación y evaluación de cursos y talleres extracurriculares a todos los niveles, y al público en general. 3) Mapa por municipio para conocer el desempeño de los programas por zona. 4) Diseñar infográficos para difundir los resultados de cada programa, así como su impacto por zonas.

Programa 3. Creación de un Centro de Investigación e Ingeniería en Sistemas de Energía.

Objetivo: Desarrollar investigación científica básica y aplicada para aprovechamiento eficiente de la energía en el estado de Quintana Roo.

Metas:

- Intensificar el aprovechamiento sustentable de la energía en el estado de Quintana Roo.
- Fortalecer la capacidad analítica del estado para solucionar los retos energéticos mediante innovación, ciencia y tecnología aplicada y generación de recursos humanos especializados.
- Realizar transferencia tecnológica para promover la adopción del conocimiento generado en los laboratorios y fomentar nuevas oportunidades empresariales en el estado.

Resumen de actividades importantes: 1) Fundación institucional, al marco legal, del centro de investigación, esta actividad puede ser desarrollada por la Universidad de Q. Roo sin gastos altos de inversión. 2) Formalización de la estrategia de colaboración de la DCI-UQROO y el centro de investigación. 4) Integración formal de personal administrativo y comité científico. 5) Identificación, delimitación y consolidación de Redes I+D+I. 6) Acertar en el financiamiento de proyectos que incidan en el cumplimiento del objetivo general del centro de investigación.

Principales resultados esperados: 1) Innovar y desarrollar tecnología propia con alto valor estratégico. 2) Transferencia de tecnología incluyente entre los sectores económicos del estado. 3) Consolidación de una sociedad energéticamente sustentable en Quintana Roo. 4) Ofrecer servicios especializados en energía sustentable al público y al sector gubernamental. 5) Conformar y mantener un acervo documental y electrónico de vanguardia.

Programa 4. Inventario del recurso renovable del estado.

Objetivo: Empoderar a la sociedad mediante un sistema de información sobre recursos renovables.

Metas:

- Adquisición de instrumentos de medición climática y radiación solar. Por lo menos adquirir mil unidades y dispersarlas en el Estado para mapear el recurso eólico y solar.
- Creación de un sistema de información climática específicamente sobre el recurso solar y eólico con el que cuenta el Estado.

Resumen de actividades importantes: 1) Adquisición e instalación de 1000 instrumentos de medición climática y radiación solar, así como del equipo necesario para transmitir información. 2) Crear base de datos actualizable a diario. 3) Creación de página web con modalidad para smartphones. 4) Visita a las comunidades rurales para conozcan y se familiaricen con la información del sistema.

Principales resultados esperados: 1) Crear una base de datos para cuantificar el recurso renovable por zona. 2) Mapa estatal que permita conocer con qué recurso renovable cuenta cada zona. 3) Diseño y puesta en marcha de página web con el mapa del recurso renovable. 4) Aplicación para Android y IOS para consultar el mapa del recurso renovable. 5) Visita a comunidades para informar sobre resultados del programa.

Programa 5. Disminuir el consumo de gas LP y madera por parte de los habitantes del Estado.

Objetivo: Mejorar la salud de los habitantes de las zonas rurales a través de la disminución de su consumo de madera para la cocción de sus alimentos, así como reducir la emisión de gases de efecto invernadero por los habitantes al disminuir su consumo de gas LP.

Metas:

- Definir el consumo de gas LP y/o madera en cada casa de los habitantes de zonas urbanas o rurales que sean beneficiados por el programa.
- Diseño y manufactura de cocinas solares en función de la cantidad de casas beneficiadas.
- Definir la cantidad de gas LP no consumido, esto a través de un seguimiento mensual.
- Base de datos para compilar resultados.
- Construcción del 100% de las cocinas necesitadas para satisfacer a cada una de las casas beneficiadas.

Resumen de actividades importantes: Consulta ciudadana para definir el consumo de gas LP y/o madera por parte de las casas beneficiadas. Recopilar información mensualmente sobre el consumo de gas lp del 100% de las casas beneficiadas. Recopilar información mensualmente sobre el consumo de madera del 100% de las casas beneficiadas. Creación de base de datos con la línea base y los resultados de la información mensual de consumo.

Estrategias para construcción cocinas solares: Cocinas solares estandarizadas para mínimo 3 platillos. Diseño estandarizado para la zona geográfica donde se ubique Municipio.

Estrategias para diseño base de datos: Programa alimentado con la base de datos para calcular la cantidad de gas lp o madera no consumida. Actividades: Actualización mensual respecto al consumo de gas lp y/o madera por cada casa beneficiada. Comparación con la línea base de consumo obtenida en el numeral 2.1.

Principales resultados esperados: 1) Crear una base de datos donde se construya la línea base de información y se puedan actualizar los datos de cada casa beneficiada para conocer el desempeño del programa. 2) Mapa por municipio que permita conocer qué zonas consumen más recursos e identificar los municipios donde el impacto fue mejor. 3) Desarrollo de infográficos para difundir resultados.

Programa 6. Disminuir el gasto en energía eléctrica para iluminación pública por parte de los Municipios.

Objetivo: Disminuir el gasto en energía eléctrica para iluminación pública por parte de los Municipios

Metas:

- Cuantificar la potencia instalada por ciudad y colonia, esto para crear una línea base.

- Cambio de luminarias por lámparas LED con módulo fotovoltaico. Para darle seguimiento a este objetivo se espera que el cambio se haga por colonia, asignando un porcentaje de la potencia definida en el numeral 3.1 a cada colonia para medir los avances en cada ciudad.
- Definir la cantidad de energía ahorrada a través de ésta propuesta y cuantificar el ahorro económico. De manera paralela invertir este ahorro en otros objetivos específicos del presente plan de acción.

Resumen de principales actividades: Realizar mediciones en casi todas las luminarias para conocer la potencia consumida. Cuantificar la cantidad de luminarias por colonia. Adquisición de lámparas LED con módulo fotovoltaico. Cambio de luminarias antiguas por lámparas LED con módulo fotovoltaico integrado por colonia. Con la primera colonia iluminada por lámparas LED, cuantificar el ahorro económico y energético logrado.

Principales resultados esperados: 1) Crear base de datos para definir la potencia consumida por colonia y ciudad en cada municipio. 2) Mapa por municipio que permita identificar los municipios que más gastan en iluminación pública. 3) Se priorizará la transición en los municipios que más gasten en iluminación pública. 4) Cálculo a través de la base de datos sobre el ahorro energético y económico de cada municipio. 5) Diseño de infográficos para difundir resultados.

Programa 7. Disminuir el gasto en energía eléctrica por parte de los habitantes del Estado.

Objetivo: Hacer eficiente el consumo de energía eléctrica por parte de los habitantes del estado mediante una red sólida de sistemas fotovoltaicos interconectados.

Metas:

- Realizar una consulta ciudadana para conocer qué cantidad de habitantes, ya sea de zonas rurales o urbanas, quieren ser beneficiados por este programa.
- Con el punto anterior resuelto, se procede a cuantificar la potencia que se consume en cada casa de los habitantes que esperan ser beneficiados.
- Definir la superficie con la que cuenta cada casa de los habitantes beneficiados.
- Con base al área y la potencia que consume cada habitante se procede a definir la cantidad de módulos fotovoltaicos –así como su potencia- a instalar para disminuir considerablemente su gasto en energía eléctrica.
- Definir cuanto pagaba por energía eléctrica cada casa beneficiada; una vez instalados los módulos solares, se dará seguimiento a cada casa beneficiada para conocer el ahorro económico generado.
- Adquisición e instalación de medidores bidireccionales para cada caso.

Resumen de actividades principales: Consulta ciudadana en zonas rurales y urbanas de cada Municipio. Cuantificación de la potencia que se consume en cada casa consultada. Definir la superficie con la que se cuenta en cada casa consultada. Definir el costo del consumo eléctrico de cada casa consultada. Calcular la cantidad de módulos fotovoltaicos que pueden ser instalados en cada casa beneficiada. Definir la potencia de los módulos fotovoltaicos a instalar en cada casa beneficiada. Instalación de los módulos fotovoltaicos y medidores bidireccionales por casa beneficiada. Definir el ahorro económico alcanzado por cada casa beneficiada a través de un seguimiento mensual.

Principales resultados esperados: 1) Base de datos con información sobre la potencia consumida y ahorro energético y económico por casa beneficiada. 2) Mapa por municipio para conocer dónde se encuentran los usuarios de energía eléctrica de mayor consumo. 3) Priorizar los municipios con los usuarios de mayor consumo para comenzar la implementación del programa. 4) Diseño de infográficos para difundir resultados.

Programa 8. Comunicación para caso de desastres naturales con energía renovable y almacenamiento de energía en forma de hidrógeno.

Objetivo: Incrementar la resiliencia de la sociedad ante los desastres naturales y demás consecuencias del cambio climático mediante tecnología de vanguardia.

Metas:

- Adquisición e instalación de un sistema fotovoltaico para la generación de hidrógeno.
- Adquisición e instalación de un sistema de almacenamiento de hidrógeno.
- Manufactura del equipo para un sistema de comunicación de emergencia –sistema que provee de internet a través de una señal WiFi- (19). Se plantea la construcción de mínimo 10 PECS (*Portable emergency communication system*, por sus siglas en inglés).
- Adquisición de los tanques de almacenamiento modular de hidrógeno. La cantidad de estos dependerá de los PECS construidos.
- Prueba piloto para dar a conocer el sistema a la ciudadanía.

Resumen de actividades principales: 1) Adquirir e instalar el sistema híbrido para la generación de hidrógeno. 2) Adquirir e instalar el sistema de almacenamiento de hidrógeno. 3) Manufactura de 10 PECS. 4) Prueba piloto en Cancún, Playa del Carmen, Tulum, Carrillo Puerto y Chetumal. 5) Consulta ciudadana para conocer el nivel de aceptación social que tuvo el sistema y, con esta base, definir si existe o no la necesidad de manufacturar más equipos PECS.

Principales resultados esperados: 1) Sistema híbrido totalmente funcional. 2) Sistema de almacenamiento totalmente funcional. 3) 10 PECS. 4) Prueba piloto de los 10 PECS sin problemas en ninguna ciudad elegida. 5) Consulta ciudadana en cada ciudad elegida. 6) Diseño de infográficos para difundir resultados.

Programa 9. Aprovechamiento del potencial eólico por municipio.

Objetivo: Identificar y aprovechar el recurso eólico de cada municipio en el estado de Quintana Roo.

Metas:

- Cuantificar la potencia eólica por municipio.
- Identificar las zonas con mejor recurso eólico en cada municipio.
- Definir el consumo eléctrico por municipio, así como el costo del mismo.
- Calcular la potencia eólica por municipio.
- Propuesta de instalación de turbinas eólicas capaces de resistir altas velocidades de viento para resistir huracanes.

Resumen de principales actividades: 1) Definir el consumo eléctrico de cada municipio. 2) Identificar las zonas con mejor recurso eólico en cada municipio. 3) Proponer turbinas eólicas que soporten altas velocidades de viento. 4) Calcular la potencia eólica esperada por turbina en cada municipio.

Principales resultados esperados: 1) Potencia eólica por turbina en cada municipio. 2) Crear base de datos para conocer el consumo eléctrico y la potencia eólica posible por municipio. 3) Ahorro energético y económico por municipio. 4) Mapa del ahorro energético y económico por municipio así como de la potencia eólica. 5) Diseño de infográficos para difundir resultados.

Programa 10. Transferencia tecnológica y desarrollo de nuevas empresas.

Objetivo: Motivar a inversionistas y emprendedores del estado a crear empresas de desarrollo tecnológico y de investigación sobre energía renovable y almacenamiento de energía.

Metas:

- Fomentar la transferencia del conocimiento generado en los laboratorios para solucionar problemas locales.
- Intensificar la generación de nuevas empresas y consolidación de empresas actuales para impulsar el desarrollo sustentable del estado.

Resumen de principales actividades: 1) Identificar y priorizar retos y paradigmas locales e identificar posibles soluciones dentro de los laboratorios del estado. 2) Generar un centro de transferencia tecnológica, el cual puede estar dentro del centro de investigación propuesto, para identificar conocimiento que pueda ser explotado en el mercado actual. 3) Impulsar el desarrollo científico y tecnológico del estado para solucionar problemas locales.

Principales resultados esperados: 1) Incrementar la innovación en el estado. 2) Incentivar la generación de nuevas empresas y consolidación sustentable de empresas actuales.

4.2. Foro de discusión

Como estrategia inmediata para definir las líneas y sustentar las estrategias de un plan hacia un futuro sustentable, se extiende el desarrollo de una propuesta dentro del eje estratégico número 2 de la sección anterior “*Planeación local holística, continuidad y seguimiento.*”. Dentro de la planeación, se propone: consulta ciudadana. Delimitando esta actividad, en el alcance de esta tesis de licenciatura, se redactan las generalidades para ejecutar un foro de discusión Universitario. La idea podría contemplar la participación general de la población y su réplica en toda la entidad federativa, sin embargo, la propuesta se delimita aún más, para su aplicación específica a través de la Universidad de Quintana Roo, Unidad Chetumal. Esta delimitación principalmente pretende impulsar la ejecución real de la propuesta, al contemplar acciones factibles y de bajo costo.

4.2.1. Generalidades de la propuesta

Nombre del foro: Encuentro universitario sobre energía y sustentabilidad en Quintana Roo: Una visión multidisciplinaria.

Objetivo: Realizar un panel de discusión multidisciplinario para analizar oportunidades tecnológicas, económicas, turísticas, políticas y de administración de la energía eléctrica, que pueden aprovecharse en el estado de Quintana Roo, esto ponderando el uso de fuentes de energía renovable en el marco de la sustentabilidad.

Resultados esperados: 1) Un análisis multidisciplinario con homogenización de ideas y perspectivas de solución para el sector energético del estado de Quintana Roo. 2) Datos estadísticos de la percepción actual, principalmente de la población joven local de la ciudad de Chetumal. 3) Difusión científica en el área de energía y sustentabilidad con impacto a la comunidad académica y estudiantil. 4) Creación de un nuevo grupo de colaboración multidisciplinario y fortalecimiento del grupo de colaboración DCI.

4.2.2. Requerimientos de la propuesta

Infraestructura y/o renta de mobiliario. Al tratarse de una acción de la Universidad de Quintana Roo, en conjunto con la División de Ciencias e Ingeniería, se propone la infraestructura de la institución: 1) La inauguración e introducción a los temas, sería desarrollada en el Aula magna I, la cual cuenta con pódium y presídium. Se pretenden 80 asistentes (55 adheridos a las mesas, 25 invitados al seminario), por lo que esta aula es suficiente. Dentro de la instalación de la UQROO, se requiere espacio para instalar 5 mesas, cada mesa tendrá 8 invitados, 1 moderador, 1 secretario y 1 staff (11 personas por mesa). Estos espacios pueden ser las aulas del edificio M. Para todo el evento se requieren las 5 mesas con sillas para 10 personas y 5 cámaras de vídeo (1 cámara por mesa).

Recursos financieros: Se requiere café y bocadillos en aula magna para 80 personas (una sola ocasión) y se requiere servicio continuo durante 4 horas de café y bocadillos para cada mesa (mesas de 11 personas).

Recursos opcionales. Adicionalmente (no es prioritario), sería ideal contar con invitados de prestigio, por lo cual se requieren los pasajes y viáticos (2 días) para invitados regionales, nacionales y/o internacionales. Dentro de los regionales se puede mencionar la participación de los congéneres institucionales: UNICARIBE, ITCancún, CICY, UNACAR. Dentro de los invitados nacionales se puede gestionar la participación de: SENER, IIE, UNAM, IPN, CONACYT, entre otros. Dentro de los internacionales: principalmente a los colaboradores académicos inmediatos de los departamentos de la UQROO y organizaciones internacionales de la temática, agencia internaciones de energía y sustentabilidad.

4.2.3. Formato del evento

Se pretenden 5 mesas de discusión, cada mesa tendrá 8 invitados, 1 moderador, 1 secretario y 1 staff (11 personas por mesa). Los participantes a la mesas serán invitados por oficio, lo cual asegura entusiasmo y pertinencia de la participación. Tres grupos son contemplados:

1. Estudiantes seleccionados de carreras ofertadas en la Universidad de Quintana Roo campus Chetumal e Instituto Tecnológico de Chetumal.
 - 1.1. Carreras UQROO (17): Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Sistemas de Energía, Ingeniería en Redes, Manejo de Recursos Naturales, Antropología Social, Derecho, Economía y Finanzas, Seguridad Pública, Sistemas Comerciales, Gobierno y

Gestión Pública, Humanidades, Lengua Inglesa, Relaciones Internacionales, Turismo, Médico Cirujano, Farmacia y Enfermería.

- 1.2. Carreras ITCH (7): Administración, Arquitectura, Biología, Contaduría, Informática, Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica.
2. Alumnos seleccionados de nivel medio superior en Chetumal: Bachilleres 1 y 2, CBTIS 214 y 253, CETMAR.
3. Profesores de diferentes especialidades, UQROO, ITCH, Y ECOSUR.

4.2.4. Propuesta cronológica del desarrollo del evento

Hora	Actividad
9:00-9:30	Inauguración por las autoridades
9:30-9:45	Exposición de motivos y estrategia del evento
9:45-10:00	Café y bocadillos
10:00-10:30	<p>Plenarias cortas para introducción a los temas</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sustentabilidad: definición y situación ideal. ● Generalidades de las energías renovables: hidrógeno como vector energético, aumento de eficiencia en el uso de la energía en diversos rubros. Introducción a fuentes de energía renovable: Energía solar térmica, baja y alta temperatura; Energía solar fotovoltaica; Energía eólica; Bioenergía; energía del mar; hidrógeno. Energía nuclear.
10:30-11:00	<ul style="list-style-type: none"> ● Reflexión sobre el actual régimen energético de Quintana Roo incluyendo del plano nacional al estatal. En la primera parte se hablará a los asistentes sobre la situación energética en la que nos encontramos; consumo y producción de energía. Aquí se busca que todos seamos conscientes sobre cómo se usa la energía en el estado, así como analizar la cultura energética y la sensibilidad ambiental.
11:00-11:15	Organización de mesas
11:15-12:15	<p>Actividad 1 (1 hora). Homogeneizar la perspectiva del sector energético en el marco de la sustentabilidad (tendremos una lista de problemas energéticos que será analizada en una hora, información impresa resumida que tendrán los participantes).</p> <p>Lista 1 de situaciones energéticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Energía y el sector agropecuario vinculado al turismo del estado, opciones: agroecología. ● Turismo Verde, opciones proyectos internacionales. ● Generación local de energía eléctrica con centrales basadas en fuentes de energía de origen fósil.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Falta de eficiencia y la necesidad de actualizar el sistema de iluminación pública de las ciudades principales. ● Eficiencia en el sector transporte, tanto público como privado. ● Edificaciones calurosas y la necesidad del diseño bioclimático. ● Uso de gas L.P para la cocción de alimentos y calentamiento de agua para uso sanitario. Precios del gas L.P se espera sigan subiendo. ● Ausencia de planificación urbana en el marco de la sustentabilidad. Desde la planificación urbana se puede incrementar la eficiencia energética de la ciudad. ● Manejo de aguas residuales y la contaminación de las bahías. Desperdicio de materia prima que puede fungir como energético para diversos fines.
12:15-12:45	Actividad 2 (1/2 hora): Delimitación y selección de tres principales problemáticas en Q. Roo y un eje de sustentabilidad.
12:45-13:00	Café y bocadillos
13:00-14:00	Actividad 3 (1 hora): Planteamiento de perspectivas y conclusiones. Después de haber discutido sobre las problemáticas energéticas y haberlas ordenada respecto a un nivel de importancia –estimación subjetiva para cada mesa- se procede a discutir las posibles soluciones aplicables a cada problemática y las necesidades que hay para llevar a cabo las soluciones, logrando de esta manera tener información para armar una estrategia.

4.2.5. Responsabilidades

La efectiva obtención de resultados de este foro consultivo, así como su ejecución, está condicionada a la responsabilidad de los participantes. Los organizadores deben realizar la planeación logística, difusión del evento, organización y priorización de la información, obtención y redacción de los datos; condensado de la información para darle a cada participante, previa y posteriormente al evento y selección puntualizada de los coordinadores de mesas y staff: en las mesas requerimos un moderador y un secretario.

Los participantes deben ser seleccionados de acuerdo a su formación académica contemplando lo holístico del evento pero delimitado a un nivel educacional con amplio criterio y alta certeza analítica.

4.3. Breve propuesta del uso de energía eólica en el estado

En esta sección se extiende de manera resumida el programa número 9 “Aprovechamiento del potencial eólico por municipio”. Hay que resaltar que los cálculos son delimitados a un análisis estático en todos los sentidos, principalmente hay que mencionar que no fueron tomados en cuenta las variaciones económicas y la velocidad del viento fue usada con un valor promedio de acuerdo a la referencia [35]. Asimismo no se especifica ningún detalle de la “Planeación local holística, continuidad y seguimiento”. La información se expone como una breve perspectiva del uso de energía renovable para que el estado tenga un rumbo hacia la sustentabilidad y hacia la autosuficiencia energética.

Se emplea información recabada en el periodo comprendido entre el año 2000 y 2008 [35], para diseñar una tabla que permita a los autores organizar el recurso eólico, el ahorro energético y económico, la potencia eoloelectrica y la cantidad de turbinas necesarias por municipio. Con ello se crea un panorama respecto a la viabilidad de instalar aerogeneradores y dónde hacerlo.

La zona geográfica en la que se encuentra el estado de Quintana Roo es vulnerable a los huracanes, por ello se propone la instalación de turbinas eólicas que sean capaces de soportar velocidades de viento superiores a los 40 m/s. Se considera lo anterior como medida de adaptación y mitigación en conjunto, ya que si bien se incrementa la capacidad de generación de energía eléctrica renovable, también se planifica pensando en las condiciones esperadas del clima por las afectaciones del calentamiento global. Sin embargo, pese a encontrarse en una zona vulnerable a los embates de un huracán, el estado de Quintana Roo cuenta con recurso eólico abundante [35]. Disperso en los municipios del norte y la Bahía de Chetumal, el recurso eólico es de suficiente calidad como para generar electricidad.

En el análisis de la viabilidad de las zonas donde la presencia del recurso eólico es abundante, se contempla la posible afectación a las áreas naturales protegidas (ANP). Esto para identificar si existe o no conflicto entre las ANP y las zonas con mejor recurso eólico, ya que lo anterior sería un impedimento medioambiental. De igual manera se incluye las ventas de energía eléctrica por municipio en 2011 para identificar qué municipios consumen más energía.

Para poder definir una cantidad de turbinas por municipio hay que considerar en el análisis la cantidad de ANP que hay en el estado, así como su distribución (ver Figura 24). Quintana Roo cuenta con 23 ANP, de las cuales el 66% son federales, 30% estatales y el restante 4% corresponde a una reserva privada. En conjunto las ANP representan alrededor de 25.3% de la superficie del estado bajo alguna modalidad de protección, valor que excluye áreas marinas.

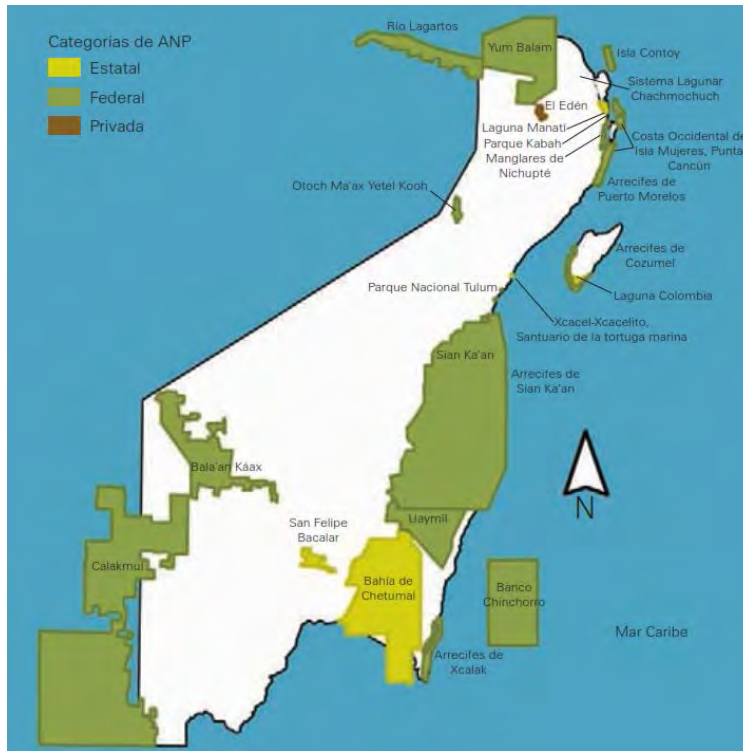


Figura 24 – Distribución de áreas naturales protegidas [27].

Otro punto a considerar es el valor de las ventas de energía eléctrica por municipio ya que no todos consumen la misma cantidad de energía eléctrica. En vista de lo anterior se lleva a cabo un análisis que considera la relación entre las ANP y las zonas con recurso eólico, así como el consumo de energía eléctrica y su valor en miles de pesos. La Tabla 3 compila la información necesaria para definir la cantidad de turbinas –por modelo- a instalar en cada municipio y se calcula el ahorro económico que se puede generar. Es de resaltar que de los 10 municipios, 4 tienen conflicto entre las ANP y las zonas donde el recurso eólico es elevado. El conflicto reside en la dificultad de obtener los permisos para la instalación de parques eólicos en las ANP dado que son lugares con especies endémicas de flora y/o fauna.

Pese al conflicto que existe entre las zonas con más potencial eólico y las ANP, existe la posibilidad de instalar las turbinas eólicas en zonas urbanas y complejos hoteleros.

Tabla 3 – Propuesta de turbinas eólicas [36], [37], [38] y [27].

Municipio	Población total (2010)	Ventas de energía eléctrica (MWh) (2011)	Valor de las ventas de energía eléctrica (miles de pesos)	Áreas naturales protegidas (ANP) y el recurso eólico	NPS100C-21 (resiste huracanes categoría 3)				NPS100C-24 (resiste huracanes categoría 2)			
					Número de turbinas	Energía anual (MWh)	% respecto a las ventas de energía	Ahorro en miles de pesos	Número de turbinas	Energía anual (MWh)	% respecto a las ventas de energía*	Ahorro en miles de pesos**
Isla Mujeres	16203	76444	112962	No hay conflicto	4600	76383	99,920203	112871,86	4600	134136	175,469625	198213,998
Benito Juárez	661176	1976613	3024908	No hay conflicto	12000	199260	10,0808808	304937,369	12000	349920	17,7030101	535499,77
Lázaro Cárdenas	25333	21342	37506	ANP ocupa la mejor zona	2290	21331,35	99,9500984	37487,2839	2290	38952,9	182,517571	68455,0402
Cozumel	79535	227928	374955	No hay conflicto	7350	68465,25	30,0381041	112629,373	7350	125023,5	54,8521902	205671,03
Solidaridad	159310	860059	1353404	No hay conflicto	10000	93150	10,8306523	146582,482	10000	170100	19,7777129	267672,358
Tulum	28263	177700	251358	No hay conflicto	8800	17820	10,0281373	25206,5254	8800	42768	24,0675295	60495,6609
Felipe Carrillo Puerto	75026	43880	70915	ANP ocupa la mejor zona	3280	6642	15,1367366	10734,2167	3280	15940,8	36,3281677	25762,1201
José Ma. Morelos	36179	22389	33497	No hay conflicto	4210	3368	15,0431015	5038,98772	4210	8083,2	36,1034437	12093,5705
Bacalar	ND	10331	17435	ANP ocupa la mejor zona	1940	3104	30,0454941	5238,4319	1940	7449,6	72,1091859	12572,2366
Othón P. Blanco	244,553	340733	549090	ANP ocupa la mejor zona	8500	17212,5	5,05160932	27737,8816	8500	41310	12,1238624	66570,9159
Estatal	1081269,55	3757419	5826030	23 ANP	62970	506736,1	13,4862814	785714,801	62970	933684	24,8490786	1447714,77

*El excedente generado en Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas puede ser enviado -vendido- a Benito Juárez

**Para Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas que generan más energía eléctrica de la que consumen, el ahorro económico se vuelve un ganancia si pueden vender ese excedente a otros municipios.

Elaboración propia

Dado que las turbinas eólicas que se proponen no son tan grandes, el número que se requiere de éstas para satisfacer la demanda de energía eléctrica es alto. Sin embargo el ahorro económico que se generaría pudiera motivar el desarrollo socioeconómico de cada municipio. Cabe mencionar que los municipios de Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas pueden generar más de lo que consumen con el modelo NPS100C-24; este excedente se puede vender a los municipios vecinos para generar un mercado eléctrico interno.

CONCLUSIONES

Esta tesis presenta un análisis de la situación energética actual de México y Quintana Roo. Las estimaciones realizadas en 2010 respecto a la demanda de energía eléctrica en el estado de Quintana Roo coinciden con los datos que proporciona la Secretaría de Energía a través del Sistema de Información Energética. Lo cual afirma la necesidad que existe de diversificar las fuentes de energía y emprender una transición hacia fuentes de energía renovable.

Pese a que existe un crecimiento en la demanda de energía eléctrica, CFE no planea construir nuevas centrales de generación aquí en el estado. Sin embargo con la Reforma Energética se quita el monopolio de generación de energía eléctrica a la CFE y abre la posibilidad para que privados y asociaciones de ciudadanos generen y vendan energía eléctrica. Quitando las controversias de la pérdida de empresas nacionales exitosas y la privatización del sector, las oportunidades de generar electricidad verde en el estado pueden ser a través de empresas privadas y de esta forma ayudar a que Quintana Roo inicie una transición energética hacia la sustentabilidad.

Otro punto a discutir es el reto ecológico que existe en el estado, ya que al existir muchas ANP que dificultan la creación de proyectos en su interior, se limita el área con la que se cuenta para construir nuevas centrales de generación de energía eléctrica. De igual manera se debe comenzar con una reducción en el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica estatal. Esto puede ser resuelto con la instalación de turbinas eólicas en las zonas urbanas y rurales, así como en mar adentro, buscando minimizar el impacto ambiental.

También hay que considerar que el beneficio económico es importante. Al lograr disminuir el gasto en energía eléctrica por parte de los ciudadanos y de los gobiernos municipales, se puede emplear dicho recurso en otros sectores que lo necesiten. De igual manera si se alcanza un excedente de energía eléctrica, esta puede ser vendida a municipios aledaños, obteniendo así una ganancia que puede ser reinvertida en proyectos, programas o políticas energéticas paralelas que acerquen al estado a la sustentabilidad.

El estado de Quintana Roo se encuentra en una situación de insostenibilidad ya que al tener precios medios de energía eléctrica más elevados que la media nacional, se limita el acceso a la energía y por ende se dilata el desarrollo socioeconómico de la zona; de igual al generar más del 99% de la energía eléctrica con combustibles fósiles se repercute en el medio ambiente de manera negativa. Sin embargo no todo es malo pues existen recursos renovables que aún no han sido explotados. Uno de ellos es el recurso eólico, el cual cuenta con un elevado potencial en gran parte de los municipios del estado. Con la instalación de turbinas eólicas resistentes a huracanes y diseñadas para velocidades de viento bajas y

moderadas, se puede obtener un beneficio económico importante que serviría para motivar el desarrollo social, económico y ambiental de cada municipio.

Por último, el estado de Quintana Roo se encuentra en un punto crítico de su historia donde puede volcar su desarrollo hacia la sustentabilidad –esto a través de una política energética local que explote de manera sustentable los recursos renovables con los que se cuenta antes de que colapse el régimen de los combustibles fósiles, adelantándose así al problema energético mundial que se avecina en los próximos lustros.

PERSPECTIVAS

La complejidad del tema y el alcance de la tesis, obligó a delimitar este trabajo de licenciatura. A manera de perspectivas, a continuación se propone una serie de temas para ahondar en investigaciones futuras.

- Por ser un reto actual, el primer punto planteado es el cambio de perspectiva sobre el sargazo, ya que en vez de ver este fenómeno como un problema turístico, puede ser una oportunidad energética para el estado. Si se incentivan las investigaciones con esta materia prima se pudieran crear proyectos constructivos o energéticos.
- El Programa 4 “Inventario del recurso renovable del estado” tiene que ser ampliado para identificar si existe conflicto o no entre las zonas con mejor recurso y las ANP.
- La energía del Mar Caribe en Quintana Roo también debe ser explotada, se debe hacer un inventario e investigación de desarrollo en energía de las olas y mareas, instalar instrumentos de medición para calcular el potencial del recurso marítimo así como la ubicación de las zonas con más abundancia de recurso y selección de opciones con menor impacto ambiental.
- La biomasa también es vasta en el estado, se debe cuantificar y definir oportunidades de uso sustentable. De manera específica se menciona la biomasa existente después del paso de los huracanes, estos desperdicios selváticos podrían tener alto valor agregado.
- Respecto a la “Planeación local holística”, se debe resaltar la importancia de la consulta y concientización ciudadana como estrategia de obtención de datos cualitativos y cuantitativos. Estas actividades permitirán una planificación energética certera, afectando con mayor significancia la dinámica social y paulatinamente al sector económico, de esta forma consolidando el futuro sustentable de Quintana Roo y su sector energético. En este aspecto también hay que resaltar la importancia y la obligación de la Universidad de Quintana Roo.

REFERENCIAS

- [1]. Shell Global Scenarios <<http://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/new-lenses-on-the-future/earlier-scenarios.html>>, consultado en junio 2015.
- [2]. G. Maggio, G. Cacciola, When will oil, natural gas, and coal peak? Fuel Journal, 2012; 98: 111-123. Doi: 10.1016/j.fuel.2012.03.021
- [3]. Pedro Joaquín Coldwell. Prospectiva del Sector Eléctrico 2014-2028. Secretaría de Energía 2014. Consultado en septiembre 2014 <www.energia.gob.mx/res>
- [4]. Pedro Joaquín Coldwell. Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029. Secretaría de Energía 2014. Consultado en enero 2016 <www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva_del_Sector_Electrico>
- [5] John Randolph, Virginia Tech, Gilbert M. Masters. Energy for sustainability book. Stanford University Press, Washington 2008, 187.
- [6]. Susan McDade. Energizing the Millennium Development Goals. United Nations Development Programme, USA, 2005.
- [7]. Robert Priddle. World Energy Outlook 2002. International Energy Agency, Paris, France, 2002.
- [8]. Randolph, John y M. Masters. Energy for sustainability. Island Press, USA, 2008, 97.
- [9]. Abdalla Salem El-Badri. Annual Statistical Bulletin, Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, USA, 2015.
- [10]. S. Deffeyes, Kenneth. When Oil Peaked. Hill and Wang; First Edition edition, USA, 2010,
- [11]. Rosío Vargas, José Luis Valdés-Ugalde. Recursos naturales estratégicos: los hidrocarburos y el agua. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Edición ilustrada, Editor UNAM, México, 2006.
- [12]. Pedro de Almeida, Pedro D. Silva. The peak of oil production—Timings and market recognition. Energy Policy, 2009; 37: 1267–1276.
- [13]. U.S Energy Information Administration. EIA, 2015. Consultado el septiembre de 2015 <www.eia.gov/cfapps/ipdbproject>.
- [14]. Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo. Global surface temperature change. Rev. Geophys., 2010; 48: RG4004, Doi: 10.1029/2010RG000345.
- [15]. J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J.J. Ephraums. Climate Change, The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, USA, 1990.
- [16]. Gerald C. Nelson, et al. Cambio Climático El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI, Washington, D.C., 2009.
- [17]. Machabala, Catherine, et al. Climate Change and Health: Transcending Silos to Find Solutions. Annals of Global Health, 2015; 81: 445-458.
- [18]. Thomas F. Stocker. Climate Change 2013 The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC WGI AR5, Switzerland, 2013. Consultado en 2015 en <www.ipcc.ch>.

- [19]. Pedro Joaquín Coldwell, Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía 2013. Consultado en octubre 2014 <<http://www.gob.mx/cms> >
- [20]. Sistema de información energética. Consultado en abril 2014 <<http://sie.energia.gob.mx/>>.
- [21]. Bob Dudley, BP Statistical Review of World Energy. Consultado en línea en mayo 2015 <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy>
- [22]. Pedro Joaquín Coldwell, Secretaría de Energía. Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2014-2028. Consultado en línea en agosto 2015 <<http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment>>
- [23]. Asociación Mexicana de Energía Eólica. amdee. Consultado en abril de 2014 <<http://www.amdee.org/viento-en-numeros>>.
- [24]. Las petroleras más grandes del mundo, FORBES consultado en junio en 2015<<http://forbes.es/actualizacion/4288/las-petroleras-mas-grandes-del-mundo-en-2015>>
- [25]. Pedro Joaquín Coldwell, Secretaría de Energía. Prospectiva de gas natural y gas L.P. 2014-2018. Descargado en abril de 2014 en <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62944/Gas_natural_y_Gas_L.P>
- [26]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censos económicos 2014. Resultados Definitivos. Consultado en línea el noviembre de 2014 <http://www.inegi.org.mx>.
- [27]. C Pozo, N Armijo Canto y S Calmé. Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Editorial ECOSUR, México, D.F., 2011, 26.
- [28]. Mapa de Inversión en México, PROMÉXICO. Consultado en línea en diciembre de 2014 <mim.promexico.gob.mx>.
- [29]. Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo. Indicadores turísticos. Consultado en línea en Diciembre de 2014. <www.sedetur.qroo.gob.mx/estadisticas/indicadores/2014/Indicadores%20Tur%20-%20Diciembre%202014.pdf>
- [30]. Valentín Díez Morodo, et al. ¿Quién manda aquí?, La gobernanza de las ciudades y el territorio en México. Instituto Mexicano para la Competitividad A.C., México D.F. 2014.
- [31]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Perspectiva estadística Quintana Roo. 2012.
- [32]. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Consultado en línea en enero de 2017 <<http://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas>>.
- [33]. Cancino, Y, et al. Electricity sector in Mexico: Current status. Contribution of renewable energy sources. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010; 14: 454-461.
- [34]. Secretaría de Energía. Información Energética del Estado de Quintana Roo, 2012. Consultado en línea en junio de 2016 <egob2.energia.gob.mx/portal/Informacion_Energetica/inicioAdm.html>.
- [35]. Hernández, Q, Manzano, F y Zapata, A. The wind power in Mexico. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010; 14: 2830-2840.
- [36]. Northern Power Systems. NPS 100-C21. Consultado en línea en agosto de 2015 <<http://www.northernpower.com>>

- [37]. Northern Power Systems. NPS 100-C24. Consultado en línea en agosto de 2015 <<http://www.northernpower.com>>
- [38]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultado en línea en diciembre de 2015 <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=23>>.