



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**“ANÁLISIS ECÓNOMICO AMBIENTAL DEL PROYECTO
EOLOELÉCTRICO DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC”**

TESIS

QUE PARA OPTAR EL GRADO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

LILIANA MONTSERRAT SILVA LOEZA

DIRECTOR DE TESIS:

MTRO. EDUARDO VEGA LÓPEZ

CIUDAD DE MÉXICO, MARZO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TÍTULO: ANÁLISIS ECONÓMICO AMBIENTAL DEL PROYECTO EOLOELÉCTRICO EN LA REGIÓN DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC.

1. Introducción del Proyecto.

1.1 Introducción del proyecto.

La toma de conciencia sobre la agotabilidad de los recursos energéticos no renovables y renovables, la creciente preocupación por el impacto sobre el medio ambiente de los combustibles fósiles y las bruscas alzas de los precios del petróleo ocurridos desde la década de los setenta hasta a la actualidad, así como las repercusiones del cambio climático han intensificado la búsqueda de alternativas de abastecimiento energético, renaciendo el interés por la generación mediante energías limpias. Las apreciaciones indican que durante los próximos años los combustibles de mayor utilización para generación eléctrica serán el gas natural, en detrimento de la utilización de combustibles derivados del petróleo.

Esto obedece a la disponibilidad de tecnologías de mayor eficiencia y con un impacto ambiental sensiblemente menor que las plantas convencionales que utilizan energías fósiles. Durante 2004-2015, el combustible de mayor crecimiento en la generación eléctrica es el gas natural, el cual pasó de 17.5% en 2003 a 25.7% en 2015 (MLF, 2016).

La energía nuclear reducirá su participación en la generación mundial, como resultado del incremento del uso de gas natural. Mientras que la participación de las energías renovables permanecerá estable en alrededor del 19% de la generación mundial.

En el contexto internacional, la generación eléctrica a partir de fuentes renovables proviene de expectativas de realización de grandes proyectos hidroeléctricos en Asia. Este continente incrementó su capacidad de energías renovables a una tasa de crecimiento de 6.4% anual durante 2003-2015. Asimismo, India incrementó su capacidad en energías renovables para alcanzar los 52 GW en 2015 (International Energy Agency, 2016).

Por otra parte en Centro y Sudamérica, específicamente en Brasil, donde 80% de su generación de electricidad proviene de energía hidráulica, tuvo un crecimiento de 3.7% anual en la capacidad de generación a partir de fuentes renovables.

Estos países fueron tomando protagonismo y para el año 2016, el país con mayor capacidad instalada es China con 148,6 GW representando prácticamente el 32% de la capacidad mundial. En segundo lugar aparece Estados Unidos con 82,4 GW (18% del total), seguido por Alemania con 49,5 GW e India con 28,7 GW. (Petroleum, 2017)

A pesar de ello, se ha calculado que el potencial energético de esta fuente es unas veinte veces el actual consumo mundial de energía, lo que hace de esta una de las fuentes de energía renovables de primera magnitud. Como se explicará en la siguiente investigación, partiendo del análisis de la capacidad mundial instalada a la nacional, continuando con el contexto ambiental y aprovechamiento y generación de energía obtenida mediante el viento y en particular el Proyecto Eoloeléctrico del Istmo de Tehuantepec.

Los países industrializados focalizaron su desarrollo en el abastecimiento de energía eléctrica. Los logros alcanzados en el plano de la investigación y desarrollo y, más aún, en las tecnologías de producción de turbinas eólicas, han hecho que en el presente, el recurso eólico haya dejado de ser una potencial alternativa de abastecimiento para convertirse en una alternativa viable.

Como objetivo estratégico de este trabajo es analizar el proyecto eólico que a su vez tiene como objetivo alcanzar un desarrollo regional equilibrado procurando que las zonas más avanzadas tengan la capacidad de atraer en ese cause a las más rezagadas, cuidando la sustentabilidad económica, social y ecológica del desarrollo de cada uno de los sectores o actividades productivas.

2. Antecedentes del desarrollo y capacidad instalada.

2.1 Capacidad instalada mundial

Durante 2004, la capacidad mundial instalada para la generación de energía eléctrica se incrementó en 2.8% respecto a 2003, ubicándose en 3,729 GW. Los países de Norteamérica concentraban en conjunto, el 29.8% de la capacidad mundial instalada, destacando EUA, con 942 GW, lo que representa el 84.9% del total en Norteamérica y el 25.3% del total mundialmente instalado (CH., 2007).

Entre los dos tipos de energía, solar y eólica, ha sido la primera la que más ha crecido en los últimos años. En 2007 solo había 8 GW de fotovoltaica en todo el mundo. En cambio, existían 89 GW de eólica.

Para el 2010 los GW se habían multiplicado por cuatro. Y, si damos más pasos hacia el pasado, encontramos que desde el año 2000 la capacidad se ha multiplicado por 65, lo que abre un gran paso a la utilización a sólo energías renovables para la generación de energía eléctrica (International Energy Agency, 2016).

La energía solar fotovoltaica creció un 32% en 2017, seguida de la energía eólica, que creció un 10%. Detrás de este crecimiento están reducciones de costes sustanciales, con el costo nivelado de la electricidad de la energía solar fotovoltaica disminuyendo en un 73% y la energía eólica terrestre en casi una cuarta parte entre 2010 y 2017. Ambas tecnologías están ahora dentro del rango de costo de la energía generada por los combustibles fósiles. (IRENA, 2017).

A finales de 2017, la capacidad global de generación renovable aumentó en 167 GW y alcanzó los 2.179 GW en todo el mundo. Esto representa un crecimiento anual de alrededor del 8,3%, el promedio de siete años consecutivos, según los nuevos datos publicados por la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA).

China continuó liderando la nueva capacidad global, instalando casi la mitad de toda la nueva capacidad en 2017. El 10% de todas las nuevas incorporaciones de capacidad provinieron de India, principalmente en solar y eólica. Asia representó el 64% de las nuevas adiciones de capacidad en 2017, frente al 58% del año pasado. Europa agregó 24 GW de nueva capacidad en 2017, seguida de América del Norte con 16 GW. Brasil se puso en camino de un despliegue acelerado de energías renovables, instalando 1 GW de generación solar, potencia diez veces superior a la instalada el año anterior.

Bloomberg NEF estima que el siguiente TW del planeta se alcanzará en 2023. Pero además costará un 46% menos que el primero. La firma analista calcula que la inversión para el primer TW en capacidad solar y eólica ha sido de unos 2.300 billones de dólares. El siguiente costará solo 1.230 billones de dólares. Y, lo que es más importante, se tardará en conseguir solo cuatro años, desde 2018 a 2022. Si juntamos todas las plantas solares y los parques eólicos del mundo obtendríamos 1.031 GW, algo más de un 1 TW de capacidad instalada. Ha sido la cifra estimada por Bloomberg NEF, a 30 de junio de 2018 (Bloomberg, agosto, 2018).

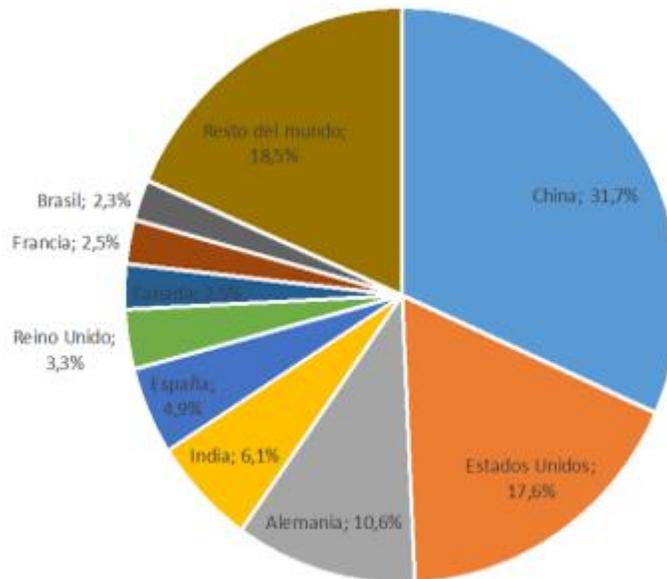
La capacidad de generación eléctrica instalada a nivel mundial en 2040 se ubicará en los 10,569.6 GW, lo que equivale a un aumento de 4,685.6 GW con respecto al nivel de 2013. Este ritmo de crecimiento se encuentra vinculado al incremento de la

capacidad instalada de países como China (que se duplica) y la India (donde la capacidad se cuadriplica).

En la gráfica siguiente se muestra que tanto China como Estados Unidos, si bien son los dos países con mayor capacidad de generación eólica del mundo, en sus mercados este tipo de generación no representa más de un 5% del total (IRENA, 2017).

Un segundo grupo de países con niveles de generación total mucho menores que el grupo anterior pero que la representatividad de la generación eólica en la generación total de sus países también se ubica en torno al 5%, entre ellos se encuentran Canadá, Brasil, Francia e Italia. Y aparece un tercer grupo, donde la representatividad de la energía eólica en la generación total sube para ubicarse entre el 10% y el 12% del total generado en cada territorio. España se distingue del resto porque además de ser el quinto país con mayor capacidad instalada de eólica en el mundo, con un 18%.

Gráfica 1 Capacidad Eólica Instalada mundial



Fuente: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jul/IRENA_Renewable_Energy_Statistics_2017.pdf

En cuanto a los combustibles fósiles, el carbón fue desplazado por el gas natural como el combustible fósil más empleado hacia el finales de 2010. Aun cuando su capacidad de generación aumenta, la tasa media de crecimiento anual se ubica en 1.1%, inferior a la de la capacidad con base en gas natural. Esta tendencia resulta en

una disminución de la participación del carbón dentro de la capacidad total instalada, pasando de 31.5% en 2013 a 23.4% en 2040.

El gas natural, que actualmente es el segundo combustible fósil más empleado, aumenta su capacidad instalada en 1,026.2 GW entre 2013 y 2040, con una tasa de crecimiento anual de 1.9%. Al final del período concentrará el 23.9% del total de capacidad instalada mundial, lo que se traduce en una tendencia en el mundo de conversión de plantas hacia este combustible (desplazando al carbón), dada su eficiencia, su menor producción de contaminantes, los bajos precios del combustible, menor costo de capital y sus menores tiempos de construcción (Petroleum, 2017).

c. Consumo Nacional

Desde 1994, la Agencia Internacional de la Energía auspicia el Acuerdo para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica. Así mismo, en la gran mayoría de los países miembros Acuerdo Eólico de la AIE, ya sean han desarrollado e instaurado elementos del marco legislativo y regulador que facilitan y apoyan la implantación de la generación eoloeléctrica. Cabe indicar que México ingresó a dicho acuerdo en 1997, al igual que en otros países en vías de desarrollo. (Hiliart Le Bert, 2 número 10).

El consumo nacional de electricidad está compuesto por dos categorías: i) las ventas internas de energía eléctrica, las cuales consideran la energía entregada a los usuarios con recursos de generación del sector público, incluyendo a los productores independientes de energía, y ii) autogeneración, que incluye a los permisionarios de autoabastecimiento, cogeneración e importación de electricidad.

El consumo nacional de electricidad en 2005 ascendió a 191,339 GWh, lo que representó un crecimiento de 4.0% respecto a 2004, similar a la variación de 2003-2004 que se ubicó en 3.9%.

En 2005, las ventas internas de energía eléctrica registraron un crecimiento de 3.8% al ubicarse en 169,757 GWh, lo cual duplicó la tasa de crecimiento registrada en 2004, de 1.9%. Por otra parte, de 2004 a 2005 el autoabastecimiento creció en 5.5%, incremento sensiblemente menor al de 2004 respecto a 2003, el cual se ubicó en 23.2%. (SENER).

En 2011, la generación de electricidad a partir de gas natural representó 50.4%. Este combustible dio resultado como una de las mejores opciones por su

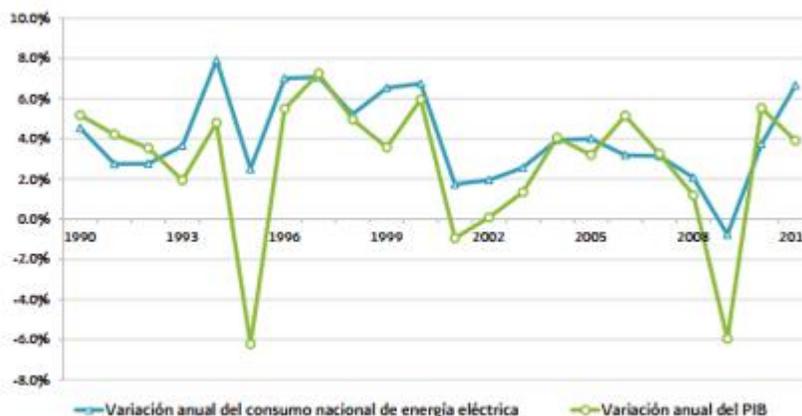
disponibilidad en el periodo histórico y diferencial de precio respecto del resto de energéticos. Es importante mencionar que en 2000 representó 17.1% (CFE).

De esta forma, la generación eléctrica a base de gas natural creció 13.3 % promedio anual entre 2000 y 2011. La instalación de centrales de ciclo combinado, principalmente por los PIE, fue el factor que detonó este comportamiento.

En 2011, 15.9% de la generación en el servicio público provino de centrales termoeléctricas convencionales que utilizan combustóleo.

En 2000 el uso del carbón en la generación eléctrica representó 9.6%, mientras que en 2011 alcanzó 12.9% con un crecimiento de 5.5% promedio anual entre esos años. Por otra parte, en 2011 la generación con uranio, diesel, viento y geotermia sumó 7.0%. Todas estas fuentes redujeron su participación 1.2 puntos porcentuales con respecto a 2000. Lo anterior principalmente por el incremento de los ciclos combinados, la generación eoloeléctrica reportó una tasa de crecimiento de 27.0% anual (CFE). Gráfica 2

Gráfica 2 Comportamiento histórico del PIB y del consumo nacional de energía.



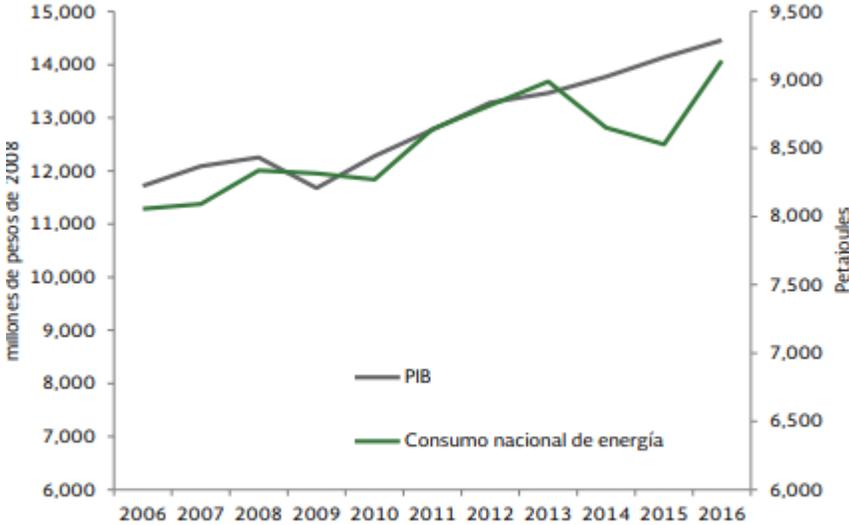
Fuente: SENER, con información del INEGI y CFE.

El consumo de energía está estrechamente ligado a la actividad económica del país, durante el periodo comprendido de 2004 a 2014, el coeficiente de correlación lineal el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.82. Esto representa que con una variación de 1.0% en el PIB, habrá un cambio de 0.82% en el consumo de energía. No obstante, la relación no siempre se mantiene cuando el PIB disminuye, debido a que durante la desaceleración de la economía, las centrales eléctricas y muchas de las plantas de producción industrial necesitan permanecer encendidas, situación que impide que el consumo energético disminuya a la par de la actividad económica.

En el transcurso de 2016, el consumo de energía en México superó 18.5% a la producción de energía primaria. Este comportamiento se ve reflejado por el doble efecto del aumento de 7.2% del consumo y la caída de 6.6% de la producción respecto al año anterior (Balance Nacional de Energía 2016).

Durante el periodo comprendido de 2006 a 2016, el coeficiente de correlación lineal entre el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.83; esto significa que si existe una variación de 1.0% en el PIB, habrá un cambio de 0.69% en el consumo, dejando ver la estrecha relación entre la demanda de energía y el crecimiento económico del país. No obstante, la relación no siempre se mantiene cuando el PIB disminuye, debido a que durante la desaceleración de la economía las centrales eléctricas, y muchas de las plantas de producción industrial, necesitan permanecer encendidas, situación que impide que el consumo energético disminuya a la par de la actividad económica. En la gráfica 3 se muestra el comportamiento del PIB y del consumo nacional de energía.

Gráfica 3 Comportamiento histórico del PIB y del consumo nacional de energía.



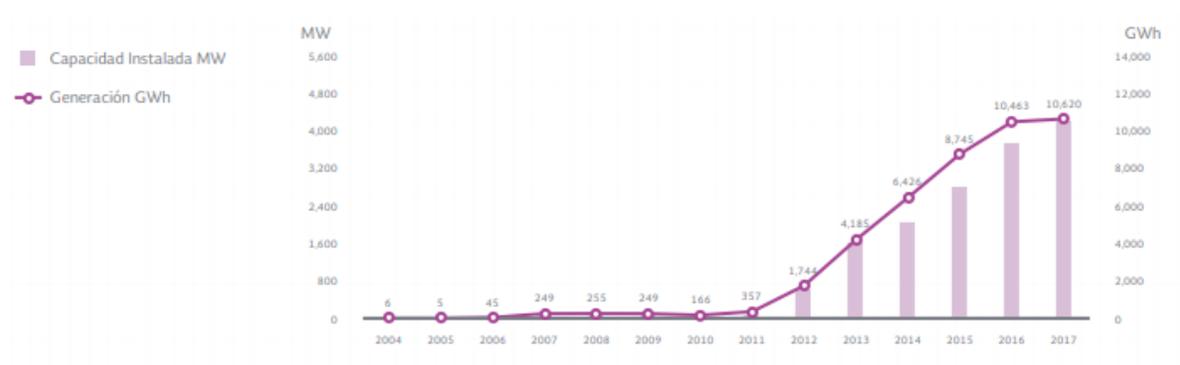
Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México y cálculos propios

d. Capacidad Eólica instalada en México.

Entre 2012 y 2017 la generación eólica mostró un crecimiento anual promedio del 43.5 % y la capacidad instalada creció 7 veces. Si bien en 2017 el incremento en la capacidad instalada fue de 463.56 MW, la generación sólo aumentó 1.5 % (157.09

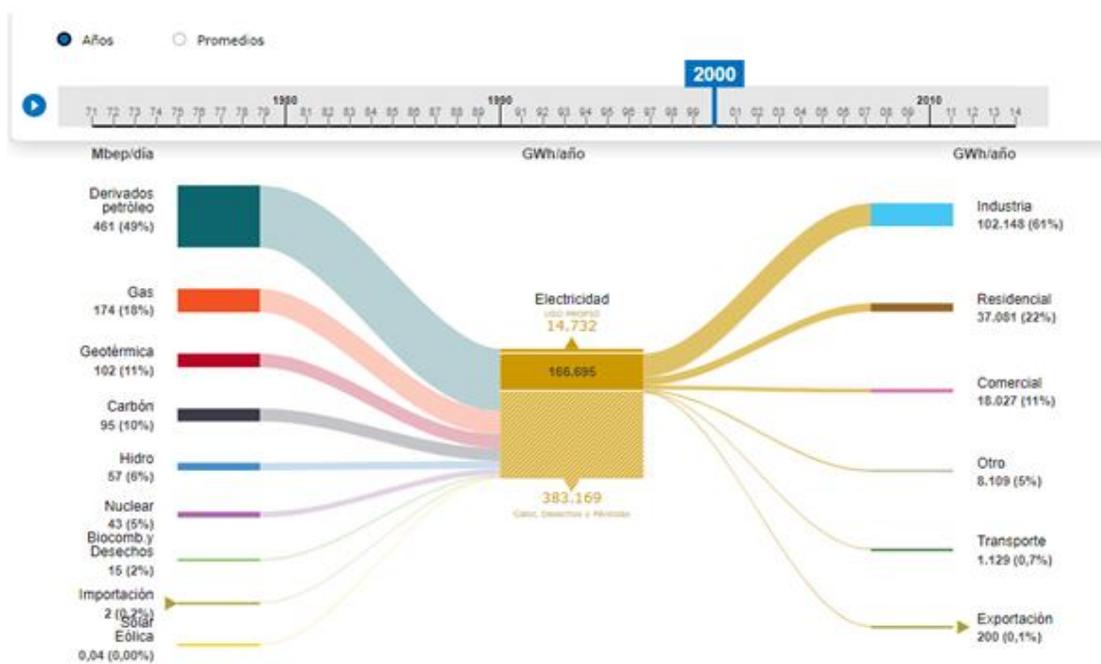
GWh), debido a los daños causados por el sismo del 7 de septiembre de 2017, provocando paros técnicos en varios de los parques eólicos ubicados en Oaxaca y en la Subestación de Ixtepec, la cual en enero 2018 funcionaba al 66 % de su capacidad, limitando la generación de energía del Estado, el cual contribuye con el 80 % de la generación eólica nacional. Adicionalmente, se espera que al cierre del 2020 se instalen aproximadamente 3,930 MW, (94% más de la capacidad actual), que se componen de la siguiente manera: 1,809 MW de nuevas centrales, 5 proyectos de la primera subasta (536 MW), 10 proyectos de la segunda subasta (921 MW) y 6 proyectos de la tercera subasta (664 MW) (Reporte de avances de energías limpias). De acuerdo a la gráfica 4, se muestra el avance histórico de capacidad eólica en México en el periodo de 2004-2017.

Gráfica 4 Evolución Histórica Capacidad Eólica Instalada en México



Fuente: Sener, Reporte de avance de energías limpias.

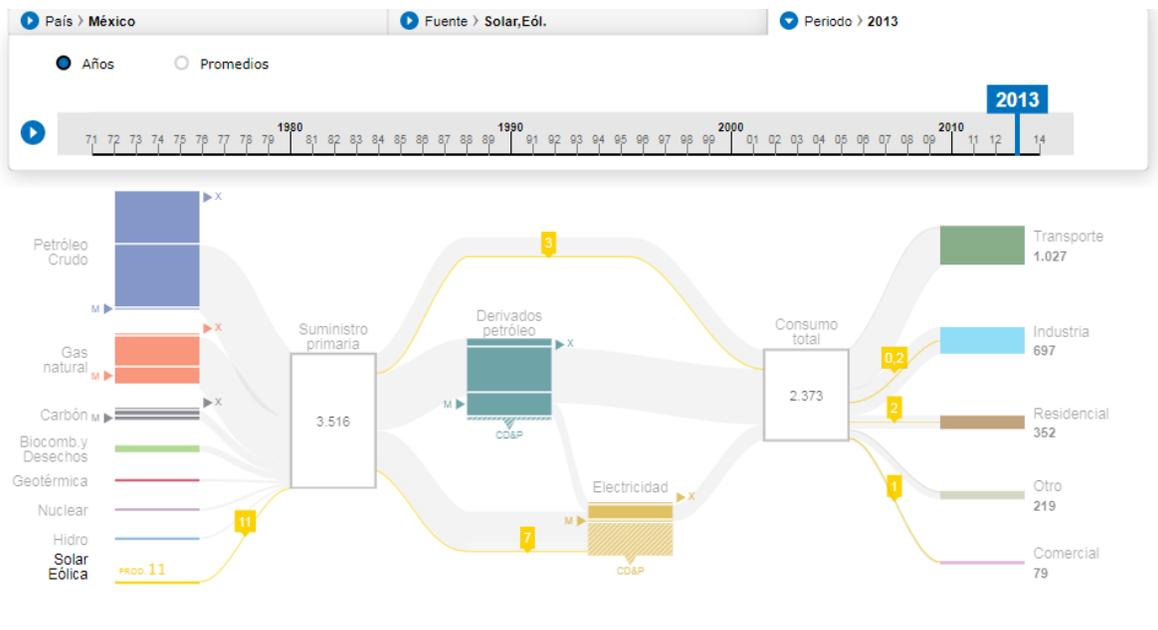
Figura 1. Matriz Energética



Fuente: Cálculos del BID sobre datos AIE y sobre otras fuentes. Datos de población y PIB del Banco Mundial

<http://www.iadb.org/en/topics/energy/energy-database>

Figura 2



Fuente: Cálculos del BID sobre datos AIE y sobre otras fuentes. Datos de población y PIB del Banco Mundial <http://www.iadb.org/en/topics/energy/energy-database>

En la figura 1, en la matriz energética del Banco Interamericano de Desarrollo, podemos observar que en México, en el año 2000, la generación de energía proviene principalmente de combustibles fósiles; como son, los derivados del petróleo, casi el cincuenta por ciento, y su consumo principal es destinado a la industria. Por tal razón, es importante virar hacia combustibles renovables para generación de energía limpia y evitar emisiones de gases de efecto invernadero. En segundo lugar, el gas, con un dieciocho por ciento, seguido por la geotérmica con un once por ciento, y el carbón, uno de los más preocupantes por sus efectos contaminantes, aún ocupa un diez por ciento. La creación de energía mediante fuente hidroeléctrica, se ha posicionado en un seis por ciento; por encima de la nuclear que cada vez se ha desplazado cada vez más, colocándose en un cinco por ciento. Dando paso en el año 2000, a las energías limpias, los biocombustibles y desechos orgánicos, y las primeras inmediaciones de parques generadores de energía a través del viento –eólica- que tiene un aporte del 0.2 por ciento.

El consumo y utilización de la energía generada, la mayor parte es aprovechada en la industria, como se menciona anteriormente, con un sesenta y un por ciento, en segundo lugar con un veintidós por ciento es para uso residencial, seguido del uso comercial con un once por ciento, en penúltimo lugar se encuentra la utilización para transporte con un punto siete por ciento; para el último lugar la exportación que sólo ocupa punto uno por ciento.

Para el año 2013, que podemos observar en la figura 2, aunque el petróleo y sus derivados se encuentren en primer lugar, se exporta casi la mitad de su producción

(aproximadamente 1.3) y 1.7 es importación para el suministro primario y su consumo final es para el uso de transporte, siendo el medio que genera más contaminación, de tal forma es necesario invertir en energías limpias para evitar la emisión de gases de efecto invernadero. El gas, es la fuente de energía más utilizada para la generación de electricidad, aprovechada principalmente para el sector industrial, que ha sustituido a la que por mucho tiempo fue la principal fuente – petróleo y derivados-; el carbón, ocupa el tercer lugar, con menor participación, y su consumo final es la generación de electricidad. Dando paso a las energías limpias, los biocombustibles, en una contribución menor, su utilización es para suministro primario y para el sector industrial y residencial. La energía eólica ha tomado fuerza y su consumo final dividido en menor proporción, para la industria, seguido del uso residencial y por último a comercial. De tal forma, podemos observar que la energía eólica, en el sector energético, cada vez tiene mayor participación siendo una fuente inagotable.

3. Energía Eólica y sus contribuciones.

La energía eólica tiene en realidad su origen en el sol; el viento se produce por la diferencia de temperatura existente en las distintas capas de aire de la atmósfera. Estas masas de aire a distinta temperatura generan diferencias de presión. El aire se mueve de los lugares donde existe una mayor presión a los lugares donde la presión es menor, y es este movimiento el que produce el viento. El viento, en su trayectoria, mueve las palas de los aerogeneradores, que al girar, desplazan un generador que convierte este movimiento en energía eléctrica.

Las máquinas que generan electricidad aprovechando el viento, conocidas como aerogeneradores, extraen parte de la energía cinética del viento por medio de un rotor aerodinámico cuyo diámetro mide de 40 a 90 metros.

El rotor, girando a menos de una revolución por segundo, transforma la energía del viento en energía mecánica que concentra sobre su eje de rotación o flecha principal. La energía mecánica se transmite a la flecha de un generador eléctrico para producir electricidad. Típicamente, los aerogeneradores se instalan en grupos para integrar lo que se conoce como centrales eolieléctricas. Estas centrales se conectan a los sistemas eléctricos convencionales para contribuir a satisfacer la demanda de electricidad de un país o una región. (Hiliart Le Bert, 2 número 10).

a. Contexto Ambiental.

Dados los nuevos esquemas de desarrollo sustentable internacional y las iniciativas del gobierno nacional en promover el desarrollo de nuevas tecnologías y programas para aprovechar las fuentes alternas y renovables, y que cerca del 80% de la electricidad que se genera en México es a partir del uso de combustibles fósiles, con efectos negativos en el medio ambiente. Adicional de la brutal recesión tanto económica y en éste caso de los combustibles fósiles, el escaso suministro de petróleo que los países se tendrá que buscar alguna alternativa para el desarrollo económico en las energías renovables, evitando la vulnerabilidad a los cambio de precios de los energéticos (SENER).

Los combustibles fósiles –carbón y petróleo- son la columna vertebral sobre que se asientan los suministros energéticos de los diferentes países del mundo. Estos combustibles fósiles condicionan la mezcla de la energía primaria de cualquier país. Pero también son la principal fuente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, son los culpables de capturar el calor debido a la radiación del sol y de causar un aumento progresivo del calentamiento global de la Tierra. A su vez, la quema de hidrocarburos fósiles es la gran responsable de provocar los cambios que peligrosamente se están dando en los tradicionales patrones del clima.

El hecho de impulsar un uso más eficiente de los combustibles fósiles, al posibilitar que el consumo de carburante sea menor, provoca que los efectos nocivos de sus emisiones también se reduzcan. Sin embargo, lo único que resulta eficaz en la lucha contra el cambio climático es modificar radicalmente la producción de energía. Lo que nos obliga a cambiar apoyándonos de manera fundamental en otras energías alternativas que no sean fósiles, como, por ejemplo, son las energías renovables: eólica, solar, geotérmica, y la obtenida a partir de la biomasa, etc (Hiliart Le Bert, 2 número 10).

Esta transición ya iniciada hacia el nuevo paradigma energético todavía sigue sufriendo mucha e innecesarias dificultades tanto por intentar primar, absurdamente, los ciclos combinados como por no desarrollar las redes eléctricas inteligentes tal como debería hacerse. Es cierto que a corto plazo, este proceso que apuesta por las renovables está teniendo un coste económico importante pero no hay ninguna duda de que aportará unos beneficios espectaculares a mediano y largo plazo.

La historia y desarrollo de la humanidad se hallan inexorablemente vinculados al estado del medio ambiente. No obstante, muchas naciones del mundo, incluido México, enfrentan actualmente problemas ambientales derivados de su propio desarrollo, algunos de gran importancia y que requieren de soluciones que garanticen el futuro de las generaciones por venir.

Durante mucho tiempo, los temas ambientales carecieron de la importancia que requerían en la agenda de desarrollo de los países. Sin embargo, la combinación de un mejor conocimiento de la situación del medio ambiente y los recursos naturales con los efectos sociales del deterioro ambiental –vistos, por ejemplo, en las enfermedades asociadas a la contaminación del aire, agua y suelos; o la mala calidad y escasez del agua; marcaron la necesidad de considerar el componente ambiental en las políticas de desarrollo (MLF, 2016).

En este contexto, uno de los pasos necesarios para formular estrategias y políticas de gobierno que conjunten armónicamente el desarrollo económico y la conservación del ambiente es buscar alternativas amigables con el medio ambiente.

Una de las acciones que ha desarrollado la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en este sentido, ha sido la creación y el desarrollo del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), que integra de manera organizada información estadística y geográfica relacionada con el medio ambiente y los recursos naturales del país, así como productos de integración y análisis, como son el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA) y los informes sobre la situación del medio ambiente, entre otros (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente , 2008)

Por otro lado, un aspecto social importante, es el beneficio que los ejidatarios de La Venta reciben por permitir el usufructo de sus terrenos para el proyecto. Estos beneficios consisten en un pago anual durante la vida útil del proyecto. Esta modalidad de pago se deriva del tipo de acuerdos que actualmente se llevan a cabo en otros países, lo cual es del conocimiento de los ejidatarios y de las autoridades agrarias.

Cabe señalar que el área de ocupación efectiva de la central está entre 2 y 3% del área total del predio, considerando los caminos de acceso, bases de aerogeneradores y subestación de la central, lo que significa una afectación mínima al terreno; es decir, los predios pueden seguir siendo utilizados para cultivo agrícola y pastoreo.

Estos paisajes dan la utilidad de servicios ambientales se definen como los beneficios que la población humana obtiene de los ecosistemas. Se agrupan en cuatro categorías: soporte, regulación, provisión y culturales.

Los servicios de soporte son la base para la producción de las otras tres categorías y difieren de ellas en que su impacto en la población es indirecto y ocurre después de largos periodos.

b. Desventajas.

La principal desventaja de la energía eólica es la incapacidad para controlar el viento. Al ser una energía menos predecible no puede ser utilizada como única fuente de generación eléctrica, por lo tanto, es indispensable un respaldo de energía convencional.

- Dificultad para la planificación. Existe una dificultad intrínseca para poder planificar la energía eólica disponible con antelación. Dado que los sistemas eléctricos son operados calculando la generación con un día de antelación en vista del consumo previsto, la aleatoriedad del viento no es posible calcularla.
- Plazo de desarrollo. El proceso de instalación, construcción y desarrollo puede llevar hasta período de cinco años.
- Almacenamiento imposible. La energía eléctrica producida por éste medio no es almacenable, es instantáneamente consumida.
- Necesidad de infraestructura. Los parques eólicos requieren situarse en lugares apartados o en el mar, y la energía para consumo es transportada por torres de alta tensión y en éste proceso puede perderse energía.
- Vulnerabilidad a los huecos de tensión. Uno de los mayores inconvenientes de los aerogeneradores es el llamado “hueco de tensión” (reducción brusca de la tensión en una fase eléctrica, seguida de una vuelta a los valores normales, todo ello en milisegundo, cuando ocurre esto los aerogeneradores se desconectan para evitar ser dañados, ocasionando así falta de suministro).

c. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2015.

Cuadro 1

Año	Emisiones de CO2
1990	407,148.60
1991	439,561.50
1992	432,955.60
1993	436,930.40
1994	454,782.50
1995	428,649.60
1996	437,695.50
1997	448,436.50
1998	465,734.70
1999	454,826.20
2000	471,784.00

2001	460,840.50
2002	446,241.90
2003	456,612.20
2004	487,948.10
2005	482,141.10
2006	495,126.30
2007	513,067.20
2008	526,121.80
2009	506,846.60
2010	511,559.80
2011	336,096.17
2012	330,452.35
2013	336,399.11
2014	334,530.55
2015	338,676.75

Las emisiones de gases de efecto invernadero en unidades de CO₂ eq., crecieron 33.4% en el periodo 1990 a 2010 (La categoría de Energía prevalece como la principal fuente de emisiones de GEI y, dentro de ésta, el transporte y la generación eléctrica predominan como fuentes clave de emisión).

El crecimiento de las emisiones de GEI en México es menor al de su economía. Entre 1990 y 2010 la economía creció a una TCMA de 2.5%, mientras que las emisiones crecieron al 1.5% anual.

La mejora en la eficiencia energética nacional y la inversión hacia el uso de tecnologías más eficientes han logrado que la intensidad energética (consumo de energía por peso del PIB) y la intensidad de emisiones (emisiones de CO₂ por peso del PIB) mejoraran entre 1990 y 2010; ambas intensidades muestran una tendencia hacia la baja.

La intensidad energética disminuyó de 737.2 kJ a 688.1 kJ por peso del PIB, lo que significa un decremento de 6.7%. Por su parte, la intensidad de emisiones por energía se redujo de 0.051 kg a 0.048 kg de CO₂ eq. por peso del PIB (a precios de 2003), lo que representa una disminución de 6.6%.

Cabe mencionar que para los últimos tres años se tuvo una reducción de emisiones de CH₄ por la implementación de proyectos bajo el esquema del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) en manejo de estiércol, equivalentes a 3,388.93 Gg de CO₂ eq.; sin embargo, esta reducción no se consideró en el inventario.

Las emisiones de GEI por habitante, considerando únicamente las emisiones de CO₂ por consumo de combustibles fósiles en el INEGEI, se ubican en 3.75 toneladas en 2009; comparado con las emisiones de CO₂ por consumo de combustibles fósiles de la Agencia Internacional de Energía (AEI) que informa para

México de 3.72 toneladas de CO₂ por habitante en 2009, y la media mundial de 4.3 toneladas de CO₂ por habitante.

Con las cifras obtenidas en el INEGEI 1990-2015 se confirma que en México existen indicios de desacoplamiento entre el crecimiento económico y el crecimiento de las emisiones de GEI (INECC, 2013).

4. Caso de estudio de la implementación del Proyecto Eólico. Justificación del tema en el tiempo y regionalización.

México cuenta con distintos recursos renovables para la generación de energía, en algunos casos considerablemente abundantes en comparación con otros países. Sin embargo, éstos no están distribuidos uniformemente sobre el territorio nacional; por ejemplo, la región del Istmo de Tehuantepec en Oaxaca cuenta con un importante recurso eólico, Sonora y Chihuahua con solar, Chiapas con hidráulica y Baja California con geotermia. Adicionalmente es necesario considerar las zonas de exclusión, es decir, sitios en los que existen restricciones para la instalación de proyectos de aprovechamiento de energías renovables, debido las características orográficas de la región, la infraestructura existente o su estatus en el ordenamiento del territorio (<http://www.oaxaca.gob.mx>, s.f.).

Recurso eólico

Se han realizado estudios específicos para determinar el potencial eólico en algunas regiones donde se ha identificado un posible potencial de desarrollo de proyectos eólicos, por ejemplo, el Istmo de Tehuantepec, las penínsulas de Yucatán y Baja California, y la región norte del Golfo de México. Tan sólo para Oaxaca los estudios del National Renewable Energy Laboratory de Estados Unidos y diversas instituciones mexicanas, a 2010 estimaban un potencial teórico superior a los 40,000 MW (International Energy Agency, 2016).

Es importante el estudio de éste proyecto debido a que en México que por sus características naturales cuentas con recursos eólicos que han determinado un potencial de 5 GW a lo largo del país (<http://www.oaxaca.gob.mx>, s.f.).

Situándola a la región del Istmo de Tehuantepec como una de las regiones de mayor potencial para el abastecimiento de cogeneración de energía eoloeléctrica. Siendo sus características naturales las siguientes.

El Istmo.

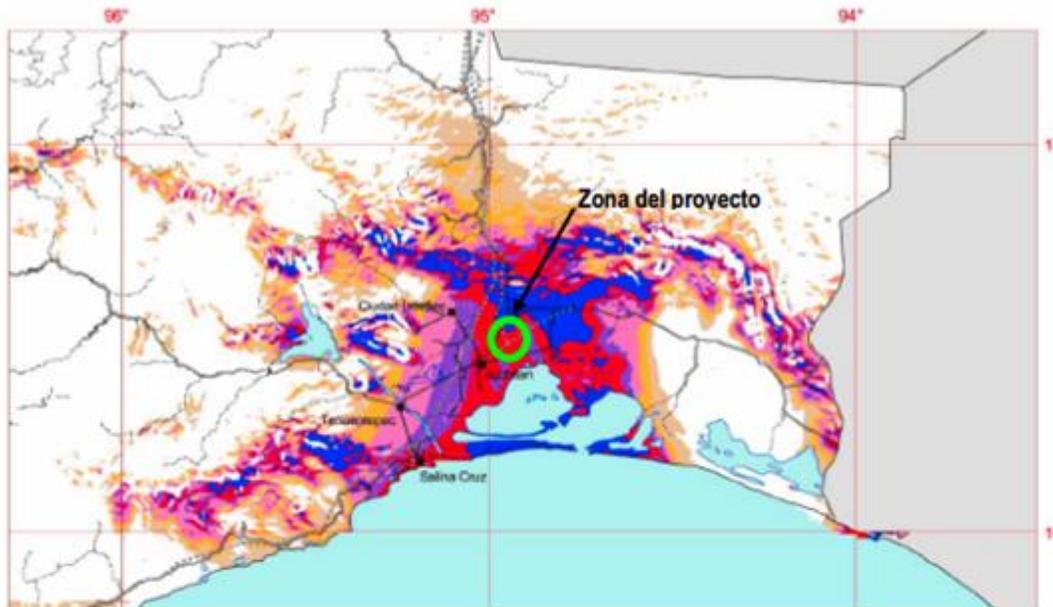
La región del Istmo es una parte estrecha de la República Mexicana, una franja de tierra de aproximadamente 100 kilómetros que separa al Golfo de México del

Océano Pacífico. Con una extensión de cerca de 16 700 Km², es la segunda región de Oaxaca más grande en tamaño. Está formado por Tehuantepec y Juchitán. Limita al norte con el estado de Veracruz, al este con el de Chiapas, al oeste con la Sierra de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur y al sur con el Océano Pacífico. (<http://www.oaxaca.gob.mx>, s.f.)

El Istmo tiene montañas en su parte oeste, planicies en el este, y la costa al sur. El lado norte del valle de Tehuantepec está bordeado por la sierra atravesada y las Montañas de Ixtaltepec. Un cinturón costero paralelo al Océano Pacífico, desciende lentamente. Ahí la tierra es arenosa y seca, con vientos fuertes; hay también lagunas de agua salada. Al oeste están las montañas del Tabaco. Hacia el este de Tehuantepec el terreno es plano y sopla mucho viento. Hay también algunas colinas cónicas. Los planos de Juchitán limitan al este con las montañas de Chimalapa (Borja Díaz, Propuesta integral para el impulso de la generación eoloelectrica en México. , 2010).

El proyecto se desarrolla en el estado de Oaxaca, en la región del Espinal, Juchitán. En el presente estudio se pretende demostrar la capacidad de adaptación y mitigación al cambio climático en la construcción y operación del proyecto de la instalación de una central eoloelectrica denominada “Corredor Eólico del Istmo”.
Mapa 1.

Región del Istmo de Oaxaca - Mapa de Recursos Eólicos



Clasificación de la energía eólica			
Tipo de energía eólica	Potencial del recurso	Energía eólica densidad a 50 m (W/m ²)	Velocidad del viento ^a a 50 m (m/s)
	1	Pobre	0 – 200
	2	Marginal	200 – 300
	3	Aceptable	300 – 400
	4	Buena	400 – 500
	5	Excelente	500 – 600
	6	Destacada	600 – 800
	7	Espléndida	> 800

^a La velocidad del viento está basada en una distribución Weibull k de 2.9 a nivel del mar.

Fuente: Department of Energy. Natinal Renewable Energy Laboratory 2006

En México, a finales de la década de 1980 y principios de la década de 1990, algunos actores comenzaron a unirse a la idea de instalar centrales eolieléctricas en el Istmo de Tehuantepec. Entre ellos se incluían algunas empresas privadas y un grupo reducido de la Comisión Federal de Electricidad. En 1994 la Comisión Federal de Electricidad logró contratar la construcción de la primera central eolieléctrica en México, misma que se ubicó en las inmediaciones del poblado La Venta, Juchitlan, Oaxaca.

A partir del año 2000, el Gobierno del Estado de Oaxaca, con apoyo del Instituto de Investigaciones Eléctricas, intensificó la promoción del desarrollo eoloeléctrico para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Mediante la organización de Coloquios Internacionales, reunió a funcionarios de varias dependencias del sector público nacional inversionistas privados, representantes de instituciones financieras, funcionarios de organizaciones internacionales de apoyo al desarrollo, desarrolladores de proyectos eoloeléctricos, fabricantes de aerogeneradores, investigadores, representantes de algunas ONG's y, representantes de los propietarios de tierras en el Istmo, entre otros. El objeto principal de fomentar el desarrollo eoloeléctrico en el Istmo de Tehuantepec para impulsar el desarrollo económico y social en la región, y contribuir al logro de los objetivos y las metas de desarrollo nacional (Eléctricas, 2010).

El Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, presenta la síntesis del desarrollo eoloeléctrico en el mundo y principales estrategias que han venido aplicando los países industrializados durante los últimos 20 años para lograr un desarrollo tecnológico en materia de generación eoloeléctrica y su integración gradual a los respectivos sistemas eléctricos nacionales. De ello, resalta que los principales logros se han obtenido gracias a la formulación y ejecución de programas nacionales enfocados a lograr metas estratégicas concretas. Asimismo, señala que los gobiernos han establecido una serie de elementos favorables para impulsar el desarrollo eoloeléctrico (Borja Díaz, Proyecto Eólico, s.f.).

Respecto al mercado latinoamericano, la capacidad eoloeléctrica instalada aumentó de 73 MW que se tenían instalados en 1998 a 120 MW a fines de 2002. Esto significó un incremento de 63% con un promedio anual cercano a 12%. Fundamentalmente, este progreso se debe a Costa Rica, ya que los demás países que en 1998 ya contaban con algunas instalaciones eoloeléctricas (Brasil, Argentina, México, Chile y algunos países del Caribe) han tenido poca o nula actividad desde 1998. El caso de México es incipiente, ya que a pesar de que se cuenta con un sistema eléctrico muy grande (cerca de 40, 000 MW instaladas), sólo se han logrado instalar cerca de 2.7 MW (Borja Díaz, Propuesta integral para el impulso de la generación eoloeléctrica en México. , 2010).

El proyecto se emprendió, acotado por los recursos facilitados por la Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Comenzó a finales de noviembre de 1983, los anemómetros se diseñaron y construyeron en un semestre, las mediciones iniciaron en julio de 1984 y terminaron en julio de 1986. Se instalaron y operaron cinco estaciones anemométricas básicas; tres se ubicaron cerca de los poblados de La Venta, La Ventosa y Unión Santa Cruz. Se instaló una sexta estación en los terrenos del Instituto Tecnológico del Istmo, ésta incluyó una torre de 30 metros de

altura con mediciones anemométricas a tres niveles sobre el terreno, así como la medición de las variables climatológicas principales, se encontró que ciertas zonas de dicho corredor, la magnitud del recurso eólico tenía características que resultan sobresalientes al compararse con otros lugares eólicos en el ámbito mundial. Por ejemplo, para la estación anemométrica de la Venta el cálculo del valor promedio anual de la velocidad del viento a 20 metros de altura sobre el terreno resultó igual con 9.3 m/s.

A pesar de la falta de política pública al respecto, se continuaron realizando algunos esfuerzos aislados. Uno de ellos fue el emprendido por el Centro de Investigación en Energéticos y Desarrollo (CIEDAC) que en 1992 contrató al Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) para realizar un estudio preliminar del viento en las cercanías de los poblados La Mata, Santo Domingo y Rancho Salinas. En este estudio se encontró que tanto en La Mata como en Santo Domingo existía viabilidad técnica para construir centrales eólicas, existiendo en La Mata mejores condiciones. En esa ocasión se encontró que el recurso eólico en Rancho Salinas era significativamente menor que el encontrado en los dos primeros lugares (Eléctricas, 2010).

El 23 de diciembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación se publicó un decreto de reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y su Reglamento. En la exposición de motivos se manifestó que, entre otras, las razones principales de las modificaciones eran modernizar la presentación del servicio público, aumentar la inversión privada para reducir la carga financiera el Estado y aumentar la productividad en beneficio del país. Se establecieron modalidades en las que los particulares podrían generar electricidad, incluyendo, el autoabastecimiento y la cogeneración, la generación independiente y la exportación, de acuerdo con lo siguiente:

- En el autoabastecimiento, se permite que las personas físicas o morales generen electricidad para satisfacer necesidades propias.
- La cogeneración se refiere a la producción de electricidad por medio de vapor u otro tipo de energía térmica secundaria y también debe destinarse al autoabastecimiento de los establecimientos asociados con la cogeneración-.
- En la modalidad de producción independiente se permite generar energía eléctrica para sí venta a CFE. La CFE se obliga a adquirir la electricidad mediante un contrato específico.
- La modalidad de pequeña producción es similar a la de producción independiente, con la salvedad que la capacidad está limitada a 30 MW. La producción de electricidad debe venderse exclusivamente a la CFE.

A finales de 1993, CFE licitó la construcción de una Central Eoloeléctrica de 1,575 KW de capacidad para ser construida en terrenos del Ejido La Venta, Municipio de Juchitán, Oaxaca, la licitación se realizó en la modalidad de proyecto llave en mano. Su construcción empezó en enero de 1994 y entró en operación en agosto del mismo año. La Central Eoloeléctrica La Venta, está integrada por siete aerogeneradores daneses, marca Vestas, modelo V-27. La capacidad nominal de dichas maquinas es de 225 KW a 15 m/s. Su rotor mide 27 metros de diámetro y están colocadas sobre torres tubulares de 30 metros de altura (CFE).

Algunos desarrolladores de proyectos eoloeléctricos negociaron con los ejidatarios el arrendamiento de tierras. Una empresa mexicana llegó a firmar convenios de usufructos con algunos ejidos.

Sin embargo, es evidente que las incursiones eólicas por parte de muchas compañías privadas, tanto en los ejidos y pequeñas propiedades del Istmo, como en el ámbito del Gobierno del Estado de Oaxaca, del Gobiernos Federal y de la propia Comisión Federal de Electricidad, ocurriendo a raíz de la instalación de la Central Eoloeléctrica de La Venta y de las buenas noticias de su comportamiento operacional.

Un par de desarrolladores de proyectos eoloeléctricos (ambas empresas mexicanas asociadas con compañías extranjeras), formularon y propusieron dos proyectos para autoabastecimiento de electricidad. Uno de ellos en la mayor proporción para satisfacer servicios municipales y el otro, también en la mayor proporción, para satisfacer necesidades de una campaña cementera. Ambos lograron obtener los permisos de la Comisión Reguladora de Energía para construir y operar las centrales (DJC, 2003).

En junio de 1996, el ingeniero Carlos Gottfried Joy representando a la sociedad Fuerza Eólica del Istmo, S.A de C.V, presento una solicitud de permiso para generar electricidad en la modalidad de autoabastecimiento, aprovechando la energía del viento.

El 28 de febrero de 2003 y entrando en funcionamiento el 9 de octubre del mismo año. Así mismo se pretende establecer los beneficios en la región del Istmo para la generación de energía eólica y de esa manera abastecer de energía eléctrica a esta.

De acuerdo a los estudios estableciendo por la Asociación de Energía Solar (ANES), la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IEE), sitúan a la Región del Istmo de Tehuantepec como una de las regiones con mayor potencial pues muestra que existen más de 300 MW de Energía. (Eléctricas, 2010).

a. Marco Histórico.

Antecedente eólico en la región del Istmo de Tehuantepec

En 1986, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) instaló estaciones anemométricas en el Istmo de Tehuantepec, genera interés esta región y se realizan diferentes evaluaciones de potencial eólico del Istmo de Tehuantepec, tanto por la CFE como por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL) por sus siglas en inglés National Renewable Energy Laboratory, este último a potencial del Gobierno del Estado de Oaxaca y financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (CFE).

En 1994, la CFE logró realizar la construcción del primer proyecto experimental de energía eólica, La Venta I, de 1. 575 megawatts de capacidad que se ubicó en el poblado de la Venta, agencia municipal de Juchitán, Oaxaca, donde se instalaron siete aerogeneradores con capacidad de la 225 kilowatts cada uno. La zona se caracteriza por fuertes cuyos vientos con velocidad promedio anual fluctúa entre los 20 y 25 metros.

Se coloca a la región como una de las de mayor potencial generador de energía eólica en el mundo.

El 9 de junio de 1998, el entonces Presidente Zedillo suscribió el protocolo de Kioto sobre Cambio Climático.

Durante 1998 y 1999 el Comité Intersecretarial coordinó la elaboración y consulta pública de una propuesta nacional que integra las aportaciones de las instituciones mexicanas responsables de tomar y fomentar medidas que aporten a la mitigación de gases de efecto invernadero en el país Instituto Nacional de Ecología (INE, 2000). Esta propuesta se expuso a consulta pública en forma de un documento titulado Programa Nacional de Acción Climática. Quizás una de las críticas más objetivas al programa fue que le faltó una agenda calendarizada con objetivos tangibles y que no se notaba una desvinculación entre el combate a la pobreza y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (CH., 2007).

Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE) ahora Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) se propuso fomentar el uso, aplicación y desarrollo de las energías renovables en México; por cierto, un reto importante que en primera exigía formular planes objetivos, realizar acciones concretas y fomentar la coordinación entre todos los actores involucrados. Por inicio, en noviembre de 1996, CONAE, en coordinación con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), organizó un Foro de Evaluación sobre las Fuentes No Convencionales de Energía en México. De este foro se concluyó que era necesario formar un organismo colegiado que se abocara a promover la relación entre todos los agentes

que conforman el mercado actual y potencial de energías renovables en México, para evitar duplicidad de esfuerzos y establecer una gama de mecanismos y estrategias.

En agosto de 1999, Fuerza Eólica del Istmo S.A de C.V, presento a la CRE solicitud para modificar la fecha de terminación de obras del proyecto, señalando para tal efecto el mes de septiembre de 2001. La solicitante señalo que la causa principal del retraso eran las dificultades que había enfrentado para firmar los contratos y convenios de interconexión, transmisión y venta de excedentes con la Comisión Federal de Electricidad. La CRE otorgó el permiso de acuerdo con la resolución RES/232/99. (CFE)

El 14 de diciembre de 1999, se presentó en Modelo de Contrato de Interconexión, Porteo y Acreditación de Energía para Autoabastecimiento de Electricidad con una Central Eólica. Este es un modelo propuesto por el Ingeniero Carlos Gotfried Joy, Presidente de la compañía Fuerzas Eólicas S.A de C.V. Este modelo de convenio, no fue aceptado en los términos originales, pero, sin lugar a duda, sirvió como base para realizar el modelo que dos años después entró en vigencia.

En el 2006, se llevó a cabo la inauguración del parque eólico La Venta II, una central con 83.3 megawatts con capacidad para generar electricidad para aproximadamente 45 mil viviendas. El parque eólico se ubicó en la región sur del Istmo de Tehuantepec al norte de la población de la Venta, municipio de Juchitán de Zaragoza. En el proyecto se consideró la instalación de 98 aerogeneradores, de los cuales cada uno produce 850 kilowatts, hecho que lo convierte en el parque eólico más grande de América Latina (CH., 2007).

En 2008, el proyecto de La Venta III, se considera la producción de 101 megawatts de capacidad total, con un rango por aerogenerador de 1.0 a 2.5 megawatts. La empresa ganadora del proyecto eólico La Venta III será la primera que reciba como incentivo 1.1 centavos de dólar por cada kilowatt-hora entregado a la red eléctrica durante los primeros cinco años de operación, por parte del Banco Mundial.

Existe un grupo de alrededor de 14 empresas privadas interesadas en instalar centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec bajo la figura de Sociedad de Autoabastecimiento, tales como:

Iberdrola, Unión Fenosa, Eoliatec, Wal-Mart, Soriana, Preneal, Endesa, entre otras; las cuales se encuentran en la etapa de mediciones anemométricas y producción de reservas territoriales arrendarías.

La CFE calcula que el potencial eólico de México es superior a los 5000 megawatts, por ello, se espera que en los próximos años continúe el desarrollo de proyectos que aprovechen esta energía alterna. Con los proyectos de Oaxaca I y II, que entraron

en operación hacia el 2009, se generaron otros 101 megawatts adicionales los que en 2010 con la operación de Oaxaca III y IV (Borja Díaz, Propuesta integral para el impulso de la generación eoloeléctrica en México. , 2010)

Se pretende colocar hasta tres mil aerogeneradores en el Istmo de Tehuantepec para el año 2030.

El director de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (Amdee), Leopoldo Rodríguez, señaló que en la actualidad, en el territorio nacional están instalados cuatro mil 500 megawatts, sin embargo, hay un potencial para llegar a 2022 a los 12 mil megawatts, lo que representaría sumar siete mil 500 megawatts.

De acuerdo con el representante del sector, tan solo en Oaxaca hay una capacidad de dos mil 600 megawatts, equivalente al 55 por ciento del país, pero se prevé se sumen mil 500 adicionales; de ahí la importancia de la licitación de la red de transmisión entre el estado y la zona centro (IRENA, Estadísticas de Energía Renovable, 2017).

b. Descripción y desarrollo del proyecto.

El Proyecto Fuerza Eólica del Istmo, está orientado a utilizar de manera confiable la disponibilidad de los recursos eólicos como fuente potencial para la generación de energía eléctrica en la zona del Istmo de Tehuantepec, mediante la instalación de una central Eoloeléctrica con capacidad de 50 Megawatts.

La inversión requerida para llevar a cabo el proyecto es de 60 millones de dólares (USD). Los costos de mantenimiento son generalmente muy bajos cuando las turbinas son nuevas, pero aumentan conforme el tiempo de uso de la turbina. Para las máquinas más nuevas los rangos estimados son del 1.5 al 2 por ciento al año de la inversión inicial de la turbina.

El Proyecto consiste en la construcción en una sola etapa de un Planta Eoloeléctrica con capacidad nominal de 50 MW, para lo cual se instalaran y pondrán en operación veinte aerogeneradores de capacidad nominal de 2.5 MW, modelo Clipper Liberty C93, fabricados por Clipper Wind Power Technology (Borja Díaz, Proyecto Eólico, s.f.).

Estas unidades serán interconectadas eléctricamente a través de una red de distribución subterránea, la que irá a tres metros de distancia de la cimentación de cada torre, a una profundidad de un metro. La potencia producida por cada uno de los aerogeneradores será recolectada por la red subterránea y enviada a una subestación elevadora, lo cual será instalada a una distancia de 100 metros de la línea de interconexión.

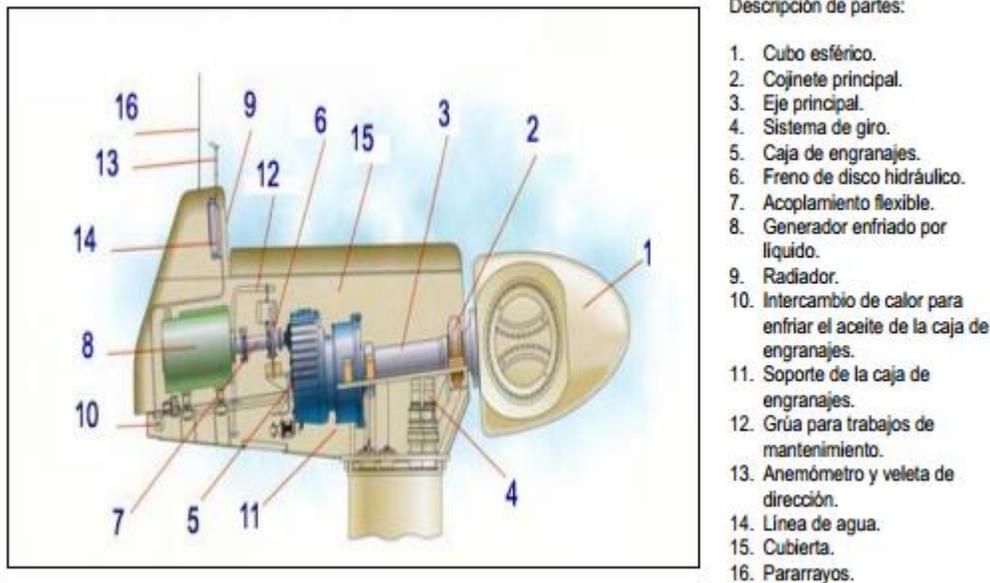
Cada aerogenerador está equipado con los sistemas que le permitan operar en forma continua y segura, así como para y arrancar de forma independiente. Es decir, cada aerogenerador tendrá sus propios sistemas de control y protección,

además de un sistema de control y supervisión individual incluyendo la medición de la energía producida.

Características de los aerogeneradores.

Los aerogeneradores son de 20.5 MW de capacidad nominal cada uno, de 80 m de altura de torre y 93 m de diámetro con las aspas instaladas. Cada aerogenerador cuenta con anemómetro y veleta

Figura 3



Fuente: Borja Díaz, M. A., Proyecto eólico. De: <http://www.iiv.org.mx/boletino42003/tend.pdf>,

Las características generales del aerogenerador es una turbina de eje horizontal con rotor de tres hélices, a contraviento, orientación de góndola activa, con paso variable de pala y velocidad variable de giro del rotor (VPVS) apoyada en una torre tubular troncocónica de acero.

Es una máquina de velocidad variable, con fuerza de rotación y velocidad reguladas, que emplea un sistema de control de inclinación independiente como sistema primario de freno.

La energía mecánica es convertida en energía eléctrica mediante generadores síncronos y un sistema de conversión modulada que entrega energía en CA a la frecuencia nominal de la red (Borja Díaz, Proyecto Eólico, s.f.). Cuadro 2.

Cuadro 2.

ACTIVIDADES GENERALES	ACTIVIDADES ESPECIFICAS
PREPARACIÓN DEL SITIO	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del sitio • Desmante y despalde • Instalación de bodegas y oficinas temporales • Excavación, nivelación y compactación para la instalación de aerogeneradores, cuarto de control y subestación eléctrica. • Excavación de zanja para instalación de red subterránea. <p>Como actividades indirectas generadas por las anteriores se consideran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte de materiales • Uso de equipo y maquinaria • Consumo de insumos (materiales para construcción, combustibles, etc.) • Generación de residuos sólidos • Generación de residuos líquidos • Generación de residuos peligrosos • Contratación de mano de obra
CONSTRUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Tendido de cable y tapado de zanja • Cimentación de aerogeneradores • Construcción de cuarto de control • Construcción de subestación eléctrica y almacén • Construcción y montaje mecánico de aerogeneradores • Renivelación del camino de terracería <p>Como actividades indirectas generadas por las anteriores se consideran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte de materiales • Uso de equipo y maquinaria • Generación de residuos sólidos • Generación de residuos líquidos • Generación de residuos peligrosos • Consumo de insumos (materiales para construcción, combustibles, etc) • Contratación de mano de obra
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Operación de la Planta Eoloeléctrica • Generación de electricidad <p>Como actividades indirectas generadas por las anteriores se consideran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos sólidos • Generación de residuos líquidos • Generación de residuos peligrosos • Contratación de personal (para verificar el control de la planta)

Fuente: Borja Díaz, M. A., Proyecto eólico. De: <http://www.iw.org.mx/boletino42003/tend.pdf>,

c. Etapas del Proyecto, “Corredor Eólico del Istmo”

El Gobierno del Estado de Oaxaca propuso para detonar el desarrollo regional del Istmo de Tehuantepec con la instalación de 2,000 MW eoloeléctricos.

Para ello, planteó fomentar la atracción de la inversión privada nacional y extranjera en una cantidad cercana a 2,900 millones de dólares. Mencionó que el plazo necesario para dicho logro podrían ser 15 años de acuerdo con las siguientes etapas:

- Primera Etapa (2000-2001). Instalación de una Plataforma Eólica² para desarrollo de capacidades y control del proyecto a corto, mediano y largo plazos, con el posible apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), de acuerdo con la propuesta formulada y promovida por el Instituto de Investigaciones Eléctricas con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

- Segunda etapa (2001-2002). Instalación de una central eoloeléctrica de 30 MW para autoabastecimiento de la sociedad Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V., integrada principalmente por la compañía Fuerza Eólica S.A. de C.V. y Cementos Portland La Cruz Azul S. A. de C.V.

Actualmente proyecto conocido como Centro Regional de Tecnología Eólica.

- Tercera etapa (2002-2003). Instalación de una central eoloeléctrica de 20 MW promovida por la sociedad CISA-GAMESA con el propósito de conformar una sociedad de autoabastecimiento para municipios de la región.

- Cuarta Etapa (2004-2007). Detonar el desarrollo de 500 MW en centrales eoloeléctricas con una inversión privada de 675 millones de dólares.

- Quinta Etapa (2007-2015). Lograr la instalación de 2,000 MW eoloeléctricos mediante inversión privada. (Borja Díaz, Proyecto Eólico, s.f.)

d. Producción de electricidad y emisiones evitadas.

Por tratarse de la operación de una planta eoloelectrica no se generarán emisiones a la atmósfera. La implementación de proyectos que involucren la generación de energía mediante recursos renovables como lo es el viento toma principal importancia en el marco de los acuerdos establecidos en el Protocolo de Kyoto para la disminución de emisiones a la atmósfera que ocasionan el efecto invernadero.

La producción anual de la central La Venta II se ha estimado en 307.7 GWh, cuya incorporación a la red eléctrica de CFE evitará emisiones de CO₂ a la atmósfera estimadas en más de 180,000 toneladas por año. México registró este proyecto en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el marco del Protocolo de Kyoto para contribuir a la mitigación del cambio climático (CH., 2007).

Al mes de Julio del 2007, la central ha producido los volúmenes de energía. Cabe señalar que a pesar de ser los meses de enero y febrero los de viento más intenso, el factor de planta para esos meses resultó bajo debido a los ajustes normales que se realizaron durante la puesta en operación de la central.

Se estima que con la instalación de esta planta se podrán desplazar anualmente un consumo de combustibles y generación de emisiones contaminantes que afectan la atmosfera en aproximadamente (CFE):

- -400,000 barriles de petróleo
- -180,000 toneladas de CO₂
- -900 toneladas de SO₂
- -600 toneladas de NO_x

En el contexto del Protocolo de Kyoto y el mecanismo de desarrollo limpio para desarrollar proyectos de reducción de emisiones de GEI, resulta relevante la planeación financiera considerar el flujo de ingreso adicionales derivados de los bonos de carbono o CER's.

Considerando que el proyecto está planeado para producir 50 MW, con un factor de planta por su localización de 50% de un factor de emisión para la red eléctrica de 0.7, podrá generar aproximadamente 153,000 CER's/año (CH., 2007).

5. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental.

Se tomara como línea base el debido a la actualidad del tema ya que hace referencia al cambio climático, que es las variaciones en los recursos naturales o la explotación de los mismos y los efectos que tienen a causa de actividades antropogénicas que se derivan del desarrollo de procesos productivos que devienen de la globalización.

De acuerdo a La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la transición energética que tienen por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la presentación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

En la cual se excluyen fuentes nucleares, residuos industriales así como la generación de energía eléctrica a través de rellenos sanitarios que no cumplieran con la normatividad ambiental.

Establecerá metas de participación de las energías renovables para la generación de electricidad, las cuales tendrán que aumentar sobre base de viabilidad económica. Dichas metas se expresarán en términos de porcentaje mínimos de capacidad instalada y porcentajes mínimos de suministro eléctrico, e incluirán metas para los suministradores y los generadores.

Incluyendo así en las metas la mayor diversidad posible de energías renovables, tomando en cuenta su posibilidad en las distintas regiones del país y los ciclos naturales de dichas fuentes, con el fin de aumentar su aportación de capacidad al Sistema Eléctrico Nacional.

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012 señala en su apartado de “Agencia Gris, Prevención y Control de la Contaminación”, que en México las emisiones derivadas de la producción y uso de las energías, son la principal fuente de contaminación atmosférica y de generación de gases de efecto invernadero. Por ello, entre los objetivos se encuentra el prevenir, reducir y controlar la emisión de contaminantes a la atmósfera, para garantizar una adecuada calidad del aire que proteja la salud de la población y los ecosistemas, y también se establece que es necesario un mayor control sobre la emisión de gases y sustancias químicas de impacto regional global (<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf>, s.f.).

Se establece entre sus objetivos el coordinador la instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático para avanzar en las medidas de adaptación y de mitigación de emisiones, proponiendo como estrategia el consolidar las medidas para la mitigación de emisión de gases de efecto invernadero; para ello se propone continuar con la promoción y el desarrollo de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

La generación de energía eléctrica de fuentes alternativas, como el aprovechamiento de la fuerza cinética del viento, no generar mayores emisiones a la atmosfera por lo que estos proyectos coadyuvan a cubrir las necesidades de abastecimiento de la demanda de energía de una manera ambientalmente amigable.

Informe sectorial

Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2001-2006

El PND 2001-2006 plantea como estrategia la creación de una cultura ecológica que considere el cuidado del entorno y del medio ambiente en la toma de decisiones en todos los niveles y sectores.

Dentro de la política económica, el PND establece que, la protección del patrimonio natural y el medio ambiente es parte esencial del programa de gobierno, toda vez que el desarrollo de la nación no será sustentable si no se protegen los recursos naturales con que contamos.

El objetivo rector para el Desarrollo en armonía con la naturaleza es: lograr un desarrollo social y humano en armonía con la naturaleza. Lo que implica fortalecer la cultura de cuidado del medio ambiente para no comprometer el futuro de las nuevas generaciones. Una de las estrategias para ello, es detener y revertir la contaminación de agua, aire y suelos, para garantizar su existencia a las generaciones futuras y al mismo tiempo contar con información confiable sobre las sustancias tóxicas y contaminantes nocivas para la salud.

De igual forma, una de las estrategias para lograr un desarrollo económico regional equilibrado es fortalecer las economías regionales, en especial las más rezagadas con la introducción de infraestructura básica (agua, energía eléctrica, comunicaciones, transportes, servicios comunitarios básicos, telefonía y tecnología digital). El crecimiento económico calidad sólo es posible si se considera responsablemente la necesaria interacción de los ámbitos económico y social con el medio ambiente y los recursos naturales (Plan Nacional de Desarrollo, s.f.).

Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PROMARNAT).

El PROMARNAT, es un programa mediante el cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales da cumplimiento al artículo 26 constitucional y a la fracción III del artículo 16 de la Ley de Planeación, la cual señala que las dependencias de la Administración Pública deberán emitir programas sectoriales que señalen los fines del proyecto nacional.

El Programa menciona que la energía desempeña un papel crucial en el crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida de la población. El 4.4% de la energía total a mediados de los años noventa provenía de fuentes tradicionales. La energía eléctrica en México se produce principalmente en plantas de energía térmica, que es altamente contaminante. Alrededor de la mitad de la energía eléctrica proviene de esa fuente y ello no ha cambiado en los últimos 20 años. En contraste, la energía proveniente de plantas hidroeléctricas ha caído considerablemente como proporción del total y se han expandido otros tipos de fuentes energéticas como las geotérmica, nucleoelectrica y caboelectrica y, en mucha menor proporción, la eólica.

El consumo de gas natural casi se duplicó en la década de los noventa, como resultado principalmente de una mayor utilización en la producción de electricidad.

El PROMARNAT recomienda seguir impulsando políticas y acciones orientadas a maximizar la explotación de todas y cada una de las oportunidades técnicamente posibles y económicamente rentables de aprovechamiento del ahorro de energía y de las fuentes renovables. De acuerdo con el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales al reducir de manera

A su vez, como éste proyecto tiene gran afluencia energética se encuentra vinculado con el Programa Nacional de Energía 2001-2006, en donde está contenido la visión general del sector energético, la cual enfatiza una amplia promoción del uso de fuentes alternas de energía.

El programa establece diversos principios rectores de la política energética entre los que destaca el uso de las fuentes renovables de energía para lograr.

(SEMARNAT, Promarnat SEMARNAT, 2006)

(SEMARNAT, www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_010616.pdf, 2012)

Ley General de Cambio Climático

En esta Ley se establecen las disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático y reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de medio ambiente y desarrollo sustentable.

En la política de mitigación, entre los objetivos se encuentran los siguientes:

- Promover de manera gradual la sustitución del uso y consumo de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, así como la generación de electricidad a través del uso de fuentes renovables de energía.
- Promover prácticas de eficiencia energética, el desarrollo y uso de fuentes renovables de energía y la transferencia y desarrollo de tecnologías bajas en carbono, particularmente en bienes muebles e inmuebles de dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal, de las entidades federativas y de los municipios.
- Promover la cogeneración eficiente para evitar emisiones a la atmósfera.
- Promover el aprovechamiento del potencial energético contenido en los residuos.

En su Artículo tercero transitorio, se establecen las metas a alcanzar entre las que destacan:

- La Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, promoverán que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpias alcance por lo menos 35 por ciento para el año 2024. Al cumplir con la meta establecida en la LAERFTE, también se cumple con esta meta, ya que las fuentes de energía limpias abarcan tanto a las energías no fósiles como aquellas tecnologías con captura y secuestro de CO₂.
- Para el año 2020, acorde con la meta-país en materia de reducción de emisiones, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en coordinación con la Secretaría de Energía y la Comisión Reguladora de Energía, deberán tener constituido un sistema de incentivos que promueva y permita hacer rentable la generación de electricidad a través de energías renovables, como la eólica, la solar y la minihidráulica por parte de la Comisión Federal de Electricidad.
- Para el año 2018, los municipios, en coordinación con las Entidades Federativas y demás instancias administrativas y financieras y con el apoyo técnico de la Secretaría de Desarrollo Social, desarrollarán y construirán la infraestructura para el manejo de residuos sólidos que no emitan metano a la atmósfera en centros urbanos (SEMARNAT, www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_010616.pdf, 2012).

a. Vinculación con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo en la región.

El proyecto eoloéctrico Fuerza Eólica del Istmo, aprovecha una de las energías renovables, para la producción de electricidad, por lo que este es acorde con la visión general del Programa Nacional de Energía 2001-2006, que enfatizan la promoción del uso de fuentes alternas de energía. Asimismo, apoya el principio rector de promover el crecimiento económico del país a través del uso de fuentes renovables de energía, que protegen el ambiente y permiten un desarrollo sustentable para todos los mexicanos, toda vez que la energía no produce emisiones dañinas al ambiente.

Plan Estatal de Desarrollo Sustentable del Estado de Oaxaca se incorpora la conservación de la naturaleza externa, o sustentabilidad ecológica, la sustentabilidad económica y también la sustentabilidad social. La primera, de acuerdo al plan, se refiere un cierto equilibrio y mantenimiento de los ecosistemas, la conservación y el mantenimiento genético de las especies, que garantice su resistencia frente a los impactos externos, incluye también la conservación de los recursos naturales y la integridad climática.

A su vez, el desarrollo regional del estado ha sido y es un gran reto. La condición orográfica de Oaxaca y su localización geográfica, la hace un territorio con la mayor biodiversidad y un gran patrimonio biogenético. Su condición pluricultural y pluriétnica forman una enorme y ancestral riqueza patrimonial que potencia las posibilidades del desarrollo social regionalizado, según la organización, los usos, las costumbres y los recursos de cada comunidad indígena (<http://www.oaxaca.gob.mx>, s.f.).

Se busca lograr el desarrollo regional a través de las siguientes estrategias:

- Instrumentando procesos de planeación regional sustentable de corto, mediano y largo plazo, con planteamientos de carácter multianual.
- Formulando programas de desarrollo sustentable, apoyados en el cuerpo de investigadores del sistema de universidades estatales.
- Promoviendo los sectores de la economía estatal y regional que posean ventajas comparativas probadas y que puedan convertirse en ejes del desarrollo sustentable.
- Reorientando los programas para garantizar la infraestructura regional necesaria y concretar los municipios la aplicación de los recursos del Ramo 33 a proyectos de índole regional (intermunicipales), productivos, de infraestructura social o de apoyo.
- Asignado a su valor real a los servicios ambientales en las zonas poseedoras de recursos naturales para su venta a los usuarios.

En cuanto al tema de desarrollo de energía eléctrica en el estado, se menciona en el diagnóstico que Oaxaca cuenta con enormes posibilidades para desarrollar la producción alternativa de energía eólica, particularmente en la región del Istmo de Tehuantepec, ya que la zona de “La Ventosa” tiene un desempeño superior.

Este Plan Municipal de desarrollo tiene una orientación dirigida a atender y solucionar en primer lugar las necesidades de primer orden de la ciudadanía, no deje de lado el tema ambiental, en el que destaca que el crecimiento desordenado de la población y las actividades económicas disparejas se han presentado a expensas del deterioro ambiental y de la explotación de los recursos naturales y potenciales (<http://www.oaxaca.gob.mx>, s.f.).

En este sentido y para el equilibrio entre la sociedad y ambiente se tiene como objetivo: Aprovechar los recursos naturales sustentables del territorio municipal combatiendo el deterioro ecológico como medida para mejorar las condiciones de vida de la población a través de esquemas de colaboración entre instituciones, organizaciones y autoridad.

La energía eólica transformada en energía mecánica sobre la cual se basa el proyecto en estudio es una forma de aprovechar los recursos naturales sustentables del territorio municipal, cuanta además con relevantes ventajas como lo son la protección al medio ambiente, energía relativamente económica. Por lo cual favorece el desarrollo sustentable, suministrando electricidad, logrando satisfacer necesidades de energía de forma limpia.

Sin lugar a dudas el aprovechamiento sustentable de la energía eólica ha llegado a representar un proyecto exitoso desarrollado en ese gobierno, con inversiones de gran importancia realizadas en el Corredor Eólico del Istmo, el cual por sus características climatológicas y orográficas está considerado a nivel mundial entre los mejores lugares de generación eoloeléctrica, constituyéndose en polo de desarrollo estratégico en el país, que contribuye a combatir el fenómeno del cambio climático al generar electricidad sin producir los niveles de emisiones contaminantes asociados al consumo de combustibles fósiles.

Se estableció una meta para el año 2012, de llegar a generar 2 mil 577 mega-watts de energía eólica, lo que permitirá posicionar a México en el ranking mundial de energía eólica (DJC, 2003).

En el caso del Corredor Eólico del Istmo, cabe comentar que al iniciar el sexenio se contaba únicamente con una central eólica, actualmente con una inversión total de 1 mil 296.3 millones de dólares, concentra ocho centrales eólicas las cuales utilizan una superficie contratada de 6 mil 286.8 hectáreas, y tienen operando 545 aerogeneradores, estando en proceso de instalación cinco centrales eólicas más,

que en su conjunto contemplan una inversión de 920 millones de dólares, que se concluyó en 2011.

Con la construcción de estos parques actualmente instalados se han generado 2 mil 400 empleos directos y 3 mil 150 indirectos, mientras que para la operación de estas ocho centrales eólicas se han generado 125 empleos.

El avance a la fecha en la generación de energía es de 612.2 mega-watts de capacidad en operación, lo que ha permitido superar la demanda energética total de Oaxaca atendida por la Comisión Federal de Electricidad mediante el servicio público que actualmente asciende a 401 mega-watts.

Adicionalmente, se ha construido la Subestación Eléctrica La Ventosa, utilizando una superficie de 22 hectáreas de un total de 42 compradas a los bienes comunales del municipio de Ciudad Ixtepec. Esta Subestación tiene una capacidad de 2 mil 500 mega-volts-amperes, y cuenta con 145 kilómetros de líneas de transmisión, con una tensión de 400 mil volts. La inversión total de este proyecto es de 210 millones de dólares con una generación en la obra civil de 600 empleos directos y 1 mil 200 indirectos.

Con el objetivo de brindar certeza jurídica a los actores involucrados en el desarrollo de los proyectos con aprovechamiento sustentable de energías alternativas, el Gobierno del Estado publicó el 3 abril del presente año, el Decreto correspondiente a la Ley de Coordinación para Fomento del Aprovechamiento Sustentable de las Fuentes de Energía Renovable en el Estado de Oaxaca, el cual se constituye en el instrumento legal que permitirá coordinar e instrumentar las acciones necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones de carácter federal en la materia y el fomento del desarrollo y aprovechamiento racional de las fuentes renovables de energía en el estado (Hiliart Le Bert, 2 número 10).

El corredor eólico del Istmo se ubica a nivel mundial entre los mejores lugares de generación de energía limpia.

En Oaxaca en noviembre de 2003, la Unidad de Promoción de Inversiones, presentó la ponencia “Oportunidades de Inversión en la Generación de Electricidad con Energías Renovables” en la que se destacan que de acuerdo con CFE, México tiene un potencial eólico que se ubica en los 2,900 MW:

Baja California, Zacatecas, Hidalgo, Quintana Roo y Veracruz

El Istmo de Tehuantepec (2,000 MW).

Los proyectos que actualmente se encuentran en funcionamiento para dar el total de la capacidad instalada, son los siguientes:

Cuadro 3

Proyectos Eoloeléctricos privados en Desarrollo		
Proyecto	Modalidad	Localización
Fuerza Eólica del Istmo	Autoabastecimiento	Oaxaca
Baja California 2000	Autoabastecimiento	Baja California
Fuerza Eólica de Baja California	Exportación	Baja California
Fuerza Eólica de Guerrero Negro	Pequeña producción	Baja California Sur
Eléctrica del Valle de México	Autoabastecimiento	Oaxaca
Parques Ecológicos de México	Autoabastecimiento	Oaxaca

Fuente: Compendio de Estadísticas Ambientales, Edición 2008. www.semarnat.gob.mx

La energía Eólica ha tenido una evolución en los últimos diez años, el costo por kWh se redujo en más de 30%. En 1998, la unidad promedio era de 750 kW y producía 2500 MWh por año.

6. Análisis Económico.

En la segunda mitad de 2008, México se enfrentó a diversos retos, producto de la situación económica y financiera a nivel mundial. La economía sufrió una desaceleración importante, la cual se vio reflejada en la producción. En 2006 y 2007 el producto interno bruto creció a tasas anuales del 5.4% y 3.4%, respectivamente, mientras que en 2008 el crecimiento fue de 1.3%. En el cuarto trimestre de dicho año, el PIB disminuyó 1.6% respecto al mismo trimestre del año anterior. Por su parte, la actividad industrial experimentó un retroceso de 0.7% respecto a 2007. La minería, construcción e industrias manufactureras se contrajeron 2.3%, 0.6% y 0.4%, respectivamente en 2008. Sin embargo, el sector eléctrico tuvo una evolución favorable y el sector servicios mantuvo su dinamismo. Esta disminución en el ritmo de crecimiento de la economía se derivó, en un principio, del comportamiento del mercado externo, y se reflejó de forma directa en el intercambio comercial con el exterior. En 2008 el valor de las exportaciones totales reales tuvo un decremento de 3.9% respecto a 2007, mientras que las importaciones totales disminuyeron 0.3%. En el último mes del año, los montos del comercio exterior presentaron niveles similares a los de principios de 2005. El mercado interno también se vio afectado durante la segunda mitad del 2008. Durante el último trimestre del año, el índice general de ventas netas al por menor

presentó una variación de -2.4% respecto al mismo periodo del año anterior. En diciembre, la disminución fue de 3.3%, respecto a diciembre de 2007. (SEMARNAT I. , 2008)

La producción de electricidad primaria aumentó 23.5% respecto a 2007, al alcanzar 566.12 PJ. Destaca el incremento de 44.2% en la generación de electricidad a partir de hidroenergía. La energía eólica también tuvo un crecimiento de 3.1%, debido a la operación de la central La Venta II de 83 MW, la cual inició operaciones en 2007. No obstante, tanto la nucleenergía como la geoenergía disminuyeron 6.9% y 4.4%, respectivamente.

En 2009 la intensidad energética ,es decir, la cantidad de energía requerida para producir un peso de Producto Interno Bruto (PIB) a precios de 2003, fue 988.2 KJ por peso de PIB producido, 6.4% por arriba de lo registrado en 2008.

El aumento en la intensidad energética en 2009 resultó por la caída más pronunciada del PIB (-6.5%), respecto a la del consumo nacional (-0.5%). Es importante mencionar que parte del consumo energético es inelástico al nivel de producción, por lo que la intensidad energética tiende a aumentar en época de crisis, al estar muy ligada con los ciclos económicos. En otras palabras, una proporción del consumo se mantiene fija para asegurar el funcionamiento de la maquinaria industrial y otro tipo de equipos, por lo que la cantidad de energía consumida por unidad de producción tiende a aumentar.

En 2007 la intensidad energética fue de 913 KJ por peso de PIB producido, resultado en parte de mejoras importantes en la eficiencia en la generación de electricidad. En 2008 ésta aumentó 1.7% derivado, en buena medida, del aumento en el consumo en el transporte y la crisis económica mundial que comenzó a afectar el nivel de actividad productiva en México.

Durante el periodo de análisis (2000 a 2009), el coeficiente de correlación lineal entre el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.95, mostrando la relación que existe entre el uso de energía y el desarrollo económico del país.

Oferta interna bruta de energía

En 2009 la disponibilidad interna de energía total disminuyó a una tasa de 0.5% anual, resultado de la menor producción y la disminución en las importaciones de energía.

La relación producción entre oferta interna bruta, que mide el grado en que la producción nacional satisface los requerimientos de energía del país, fue superior a uno, indicando que la mayor parte de la oferta fue cubierta con la producción

nacional. No obstante, la relación observó una contracción de 3.7% respecto a 2008, al ubicarse en 1.19, derivado de la disminución en la producción primaria.

De otras fuentes, que se refiere a gas residual que Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) entrega a Pemex Exploración y Producción (PEP) para ser utilizado en bombeo neumático y sellos en los campos productores de petróleo crudo y gas natural e incluye al gas de formación empleado por PEP, aumentó 14.2% respecto a 2008 y representó 8.7% de la oferta total de energía (INEGI/SENER, 2006).

En 2009 fue necesario importar 1,660.4 PJ, es decir 20.1% de la oferta interna bruta de energía total. Esta relación entre las importaciones y la oferta interna bruta mostró una disminución de 1.7 puntos porcentuales respecto a 2008.

Las exportaciones de energía representaron 35.0% de la producción nacional en 2009, 1.5 puntos porcentuales por debajo de 2008. Lo anterior fue resultado de la menor demanda de los mercados internacionales. No obstante, México continuó siendo exportador neto de energía.

En 2010, la intensidad energética, es decir, la cantidad de energía requerida para producir un peso de Producto Interno Bruto (PIB) a precios de 2003, fue de 924.3 KJ por peso de PIB producido, 4.2% inferior a lo registrado en 2009. Sin embargo, sigue arriba de los valores de los años 2000.

Durante el periodo comprendido de 2006 a 2016, el coeficiente de correlación lineal entre el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.83; esto significa que si existe una variación de 1.0% en el PIB, habrá un cambio de 0.69% en el consumo, dejando ver la estrecha relación entre la demanda de energía y el crecimiento económico del país. No obstante, la relación no siempre se mantiene cuando el PIB disminuye, debido a que durante la desaceleración de la economía las centrales eléctricas, y muchas de las plantas de producción industrial, necesitan permanecer encendidas, situación que impide que el consumo energético disminuya a la par de la actividad económica.

Otro factor que influye en esta correlación es la eficiencia energética que permite aprovechar de mejor manera los recursos energéticos, alcanzando ahorros económicos reflejados en el PIB (SENER, Balance Nacional de Energía 2016).

6. CONCLUSIONES

“Estos últimos datos confirman que la transición energética mundial continúa avanzando a un ritmo acelerado, gracias a la caída rápida de los precios, las mejoras tecnológicas y un entorno político cada vez más favorable”, dijo el director general de IRENA, Adnan Z. Amin. “La energía renovable es ahora la solución para los países que buscan apoyar el crecimiento económico y la creación de empleo, al igual que para aquellos que buscan limitar las emisiones de carbono, ampliar el acceso a la energía, reducir la contaminación del aire y mejorar la seguridad energética”.

El cambio climático es una realidad que aunque existía escepticismo respecto al mismo, los cambios en las condiciones climáticas, catástrofes naturales y demás es la clara muestra de su existencia.

De tal forma este trabajo concluye en la alternativa de generar energía eléctrica limpia mediante la fuente inagotable del viento es una opción viable, a razón de que podemos contar con ventajas competitivas de la energía eólica con respecto a otras opciones de generación de energía, algunas ejemplificaciones son las siguientes: se reduce la dependencia de combustibles fósiles, los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero se reducen en forma proporcional a la generación con energía eólica. El tiempo de construcción con la utilización de nuevas tecnologías resulta ser menor.

La energía eólica es una fuente de energía útil en aquellas regiones del planeta donde el viento es más uniforme y más constante, pero eso no impide que sea aprovechada en regiones aisladas o pobremente ventiladas, bien sea como fuente de energía para aerogeneradores.

La desalación por energía eólica constituye una forma ideal de "almacenar" esta energía, en aquellas zonas del planeta donde escasea el agua potable. De esta manera, con el análisis económico se identifica qué equipos o bloques de la instalación son más ineficientes y cuáles son los que presentan mayor influencia sobre el coste unitario del agua, a fin de proponer sugerencias que mejoren u optimicen el proceso de producción.

México cuenta con un alto volumen de recurso eólico económicamente eficiente para su aprovechamiento dentro de la matriz de generación eléctrica. Mediante una correcta utilización no sólo implica cumplir con las metas de mitigación y adaptación al cambio climático establecidas en la regulación nacional, sino también incrementar la diversificación del uso de fuente de generación.

Los Programas Sectoriales de Energía, descansan fundamentalmente en tres puntos: asegurar el abasto de energéticos que requiere la economía; fortalecer a las empresas públicas del sector para mejorar la oportunidad y calidad en el suministro de los insumos tanto en el sector público como en el sector privado; y,

promover intensamente la eficiencia energética y las energías renovables, a fin de disminuir el impacto ambiental.

Si bien el Sistema Eléctrico Nacional ya cuenta con más de 3,500MW eólicos en operación y cerca de 5,000 MW en fase de desarrollo.

Con el fin de promover el desarrollo sostenido de la industria eólica en México, es clave establecer una ruta con metas anuales de nueva capacidad renovable, maximice la reducción de GEI y la implementación de los Certificados de Energía Limpia o Bonos que impulsen a la competitividad entre productores de energía limpia y permitiría la creación de un mercado nacional. Y de tal manera asegurando el desarrollo a los proyectos a lo largo plazo y permitir su bancabilización.

Convocar subastas exclusivas para energía limpia para la celebración de Contratos de Cobertura Eléctrica de largo plazo con los Suministradores de Servicios Básicos que cubra las necesidades de las poblaciones donde se instalaron los parques eólicos.

Las subastas permiten a los reguladores garantizar el desarrollo de las tecnologías limpias con una demanda estable de nuevos proyectos y a un precio predecible, y a los suministradores a cumplir con sus obligaciones de cuotas de una manera costo competitiva.

Las subastas iniciales podrían aprovechar el elevado número de proyectos eólicos en desarrollo a fin de acelerar lo más posible la ejecución de las mismas. Esto ayudaría a garantizar que los proyectos renovables en el mercado de mayor costo competitividad fuesen asignados al consumo de los Usuarios de Servicios Básicos.

La integración de la energía eólica a la red es un gran problema de incorporación prioritaria cuya disponibilidad es aleatoria de localización libre y atomizada, y que ante situaciones de inestabilidad actualmente se desconecta del mismo, obligando al resto de generación a incrementar su cuota de participación en los servicios complementarios del sistema, imprescindibles para su buen funcionamiento.

Además, debemos tener en cuenta que los parques eólicos se localizan generalmente en áreas con baja densidad de población, donde frecuentemente las redes eléctricas son débiles y requieren ser reforzadas y mejoradas.

El alto grado de implantación de los parques eólicos está empezando a causar graves problemas en la regulación de la red eléctrica debido a la gran variabilidad y poco margen de maniobra de los parques eólicos convencionales, a razón de que dependen de manera estructural, distributiva y generadora de la Comisión Federal de Electricidad. Se prevé un gran aumento de precios en el mercado de operación (servicios complementarios utilizados como reserva de potencia ante desvíos de la producción) e incluso un incremento en los requisitos que debe cumplir la generación eólica. Un parque eólico dotado de un sistema acumulador de energía podría adaptarse a estos cambios y participar en el mercado como cualquier otro productor de energía gestionable.

La participación de la energía eólica en el mercado de la electricidad tiende a bajar el precio marginal ya que ésta oferta a precio cero. Además, las horas de mayor

producción eólica suelen coincidir con la madrugada donde el precio de la electricidad es menor al resto del día, acentuando este problema. El uso de un sistema acumulador de energía que sea capaz de modular el perfil de producción eólica diaria, adaptándola a las horas de mayor precio de la energía supondrá un incremento significativo.

Como anteriormente se menciona México cuenta con un potencial eólico de más de 50,000 MW eólicos y se requieren utilizar tan sólo alrededor de 17,000 MW para alcanzar las metas de generar 35% de energía eléctrica con tecnologías limpias para el año 2024, dejando un amplio espacio para otras tecnologías.

A su vez, alcanzar los 12,000 MW instalados tendría un impacto acumulado en el PIB de cerca de 170,000 millones de pesos y la creación de más de 45,000 empleos.

- **Bibliografía y Referencias.**

Arriaga, L., J., M. Espinoza, C. Aguilar, “Regiones terrestres prioritarias de México”. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México 2000.

Borja Díaz, M. A., Proyecto eólico. De: <http://www.iiw.org.mx/boletino42003/tend.pdf>,

Borja Díaz, M.A., Propuesta integral para el impulso de la generación eoloeléctrica en México. termoeléctrica. www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad/termoelectrica/.

Compendio de Estadísticas Ambientales, Edición 2008.
(SEMARNAT I. , 2008)

González AME y Beltrán MLF. “Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México”. México 2006.

Energy Information Administration e International Energy Outlook 2006
http://www.britchamexico.com/wp-content/uploads/2017/02/BP-Energy-Outlook-2017.esp_pw.pdf

Hiriart Le Bert, G. (1996). Viento y otras fuentes alternas, Comisión Federal de Electricidad. Revista conexión, año 2, número 10.

IIE. Explorador de Recursos Renovables. 2010. Disponible en (Eléctricas, 2010)
Informe De La Situación Del Medio Ambiente En México 2012
http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf

INEGI/SENER Sistema de cuentas nacionales 2006.

Morales GM y Pacheco CH. “Reducción de las emisiones de carbono y la energía renovable”. IIE-Gerencia de procesos térmicos. México 2007.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT). 2005.
www.semarnat.gob.mx

SENER. Balance Nacional de Energía 2009. 2010. 2016.

Rodríguez AJL y Burgos DJC. “Principios de conversión de la energía eólica”.
Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica, Rueda SL. Madrid 2003.

Secretaría de Energía por la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto
de Investigaciones Eléctricas.
(CH., 2007)

Páginas WEB:

<http://www.oaxaca.gob.mx/>

www.economia.oaxaca.gob.mx/

<http://twenery.com.mx/>

<http://www.eia.gov/> Energy Information Administration, Department of Energy

http://www.britchamexico.com/wp-content/uploads/2017/02/BP-Energy-Outlook-2017.esp_pw.pdf

Basado en los cálculos de emisiones de AWEA. Comparative Air Emissions Of Wind and
Other Fuels. American Wind Energy Association

(Plan Nacional de Desarrollo, s.f.) Plan Nacional de Desarrollo

ÍNDICE

I. Introducción.....	1
2. Capacidad instalada y generación de energía eléctrica.....	2
3. Energía Eólica y sus contribuciones	
4. Caso de estudio de la implementación del Proyecto Eólico... ..	18
5. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental.....	31
7. Análisis Económico.....	39
8. Conclusiones.....	