

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Título:

“Autoabastecimiento de energía eléctrica en mercados públicos del Distrito Federal: utilizando energía eólica”

**PRESENTAN:**

Fatima Jiménez Pineda

Fernando Alfredo Rojas Estrella

Hiram Guillermo Arrona Velázquez

Juan Miguel Estrada Nieto

MÉXICO, D. F. 2012



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**

**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>5</b>
1.1. Casos de autoabastecimiento en México.....	8
<b>2. Problemática .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Planteamiento de la solución.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Metodología .....</b>	<b>10</b>
4.1. Objetivo:.....	10

### **Capítulo 1. Uso de las Energías renovables y autoabastecimiento..... 11**

<b>1. Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Panorama a nivel internacional de las energías renovables .....</b>	<b>11</b>
2.1. Energía eólica.....	12
2.2. Energía Geotérmica.....	15
2.3. Fuentes Hidroeléctricas .....	17
<b>3. Energía eólica en México .....</b>	<b>18</b>
<b>4. Marco regulatorio para el autoabastecimiento eléctrico con energías renovables.....</b>	<b>23</b>
<b>5. Mercados públicos en la Ciudad de México .....</b>	<b>25</b>
5.1. Historia .....	25
<b>6. Implicaciones ambientales, energéticas y de desarrollo sustentable..... 29</b>	
6.1. Conflictos sociales.....	31
6.2. Influencia del cambio climático .....	33
6.3. Ciclo de vida.....	34
6.4. Afectación de suelos y aguas.....	36
6.5. Degradación visual y generación de ruido .....	36
6.6. Afectación de la vida silvestre .....	37
6.7. Otros Impactos .....	39
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>40</b>

### **Capítulo 2. Características eléctricas y de demanda de cuatro mercados públicos propuestos 43**

<b>1. Introducción .....</b>	<b>43</b>
<b>2. Descripción energética, consumo y costos en los mercados públicos propuestos..... 43</b>	

2.1. Mercado Gabriel Hernández.....	44
2.2. Mercado Martín Carrera.....	46
2.3. Mercado público Panamericana .....	49
2.4. Mercado Progreso Nacional .....	52
<b>3. Cálculo de consumo eléctrico de los mercados públicos .....</b>	<b>54</b>
<b>4. Cálculo de la capacidad eléctrica total de los mercados públicos .....</b>	<b>56</b>
<b>5. Características del sitio seleccionado .....</b>	<b>57</b>
5.1. Sitio seleccionado.....	57
<b>6. Porteo.....</b>	<b>62</b>
<b>7. Propuestas de sistema de generación.....</b>	<b>62</b>
7.1. Criterios y cálculos del proyecto de la instalación eléctrica.....	69
<b>8. Adecuaciones de los sistemas eléctricos para cuantificar la energía recibida y suministrada.....</b>	<b>79</b>
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>79</b>
<b>Capítulo 3. Beneficios técnicos y económicos de la implantación del sistema propuesto ...</b>	<b>81</b>
1. Introducción .....	81
2. Generación eléctrica y ahorros del sistema eólico .....	81
3. Indicadores de rentabilidad económico-financiera.....	84
4. Conclusiones .....	106
<b>Conclusiónes Generales .....</b>	<b>108</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>111</b>
<b>Índice de ilustraciones .....</b>	<b>112</b>
<b>Índice de Gráficas.....</b>	<b>113</b>
<b>Nomenclatura.....</b>	<b>114</b>
<b>Anexos A.....</b>	<b>115</b>
<b>Anexos B.....</b>	<b>117</b>
<b>Anexos C.....</b>	<b>118</b>
1. Contrato de interconexión para fuentes de energía renovable .....	118

<b>2. Convenio de servicio de transmisión (Porteo) .....</b>	<b>119</b>
<b>Anexos D .....</b>	<b>123</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>125</b>
<b>1. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>125</b>
<b>2. Referencias electrónicas.....</b>	<b>125</b>

## 1. Introducción

Desde 1973 se produjeron eventos importantes en el mercado del petróleo en el mundo, que se manifestaron en los años posteriores en un encarecimiento notable de esta fuente de energía no renovable, resurgieron las preocupaciones sobre el suministro y precio futuro de la energía. Resultado de este encarecimiento, los países consumidores, enfrentados a los altos costos del petróleo y a una dependencia casi total de este energético, tuvieron que modificar costumbres y buscar opciones para reducir su dependencia de fuentes no renovables.

Entre las opciones para reducir la dependencia del petróleo como principal energético, se reconsideró el mejor aprovechamiento de la energía solar y sus diversas manifestaciones secundarias tales como la energía eólica, hidráulica y las diversas formas de biomasa; es decir, las llamadas energías renovables. Sobre la parte eólica, se sabe que los vientos ocurren por diferencias de presión generadas por un calentamiento no uniforme de la atmósfera terrestre, desplazándose grandes masas de aire de las zonas de alta presión a las de baja.

Aproximadamente el 2% del calor del Sol que llega a la Tierra se convierte en viento, pero sólo una fracción muy pequeña puede ser aprovechada, ya que buena parte de estos vientos ocurre a grandes alturas o sobre los océanos, mar adentro. Además, se requieren condiciones de intensidad y regularidad en el régimen de vientos para poder aprovecharlos. Se considera que vientos con velocidades promedio entre 5.0 y 12.5 metros por segundo son los aprovechables.

El viento contiene energía cinética que puede convertirse en energía mecánica o eléctrica por medio de aeroturbinas, las cuales se componen por un arreglo de aspas, generador y torre, principalmente.

Durante los años recientes, la capacidad mundial eoloeléctrica instalada ha crecido de manera vertiginosa, particularmente en Alemania y España y más recientemente en China. En Europa, el rápido crecimiento de la capacidad instalada ha sido en gran parte propiciado por la implementación

de las feed-in tariffs. Durante el periodo 1999-2009, la capacidad eólica mundial se ha expandido con una tasa de crecimiento promedio anual de 27.9%, al pasar de 13,600 MW a 159,213 MW<sup>1</sup>. Una feed-in tariff es un incentivo financiero diseñado para estimular el desarrollo de las fuentes renovables para generar electricidad. Bajo este esquema, el gobierno, a través de la legislación, obliga a las empresas del servicio público o suministradoras a comprar la electricidad producida por generadores privados a un precio superior al de mercado o lo suficientemente alto para estimular la inversión en ese tipo de fuentes. Esto hace posible que a pesar de los altos costos de inversión asociados a las fuentes renovables, los generadores que las utilizan alcanzan un retorno positivo de la inversión.

Actualmente, México cuenta con alrededor de 1,924.8 MW de capacidad instalada de generación eléctrica con base en energías renovables, que incluye la capacidad destinada al servicio público,

---

<sup>1</sup> Ibid, pág. 58

cogeneración y autoabastecimiento, representando el 3.3% de la capacidad instalada en el servicio público del país.<sup>2</sup>

En México se han identificado diferentes zonas con potencial para la explotación eólica para la generación eléctrica, entre ellas destacan la zona del Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, La Rumorosa en el estado de Baja California, así como en los estados de Zacatecas, Hidalgo, Veracruz, Sinaloa, y en la Península de Yucatán. A finales de 2009, la capacidad instalada en generación eólica superaba los 250 MW de potencia, mientras que la capacidad autorizada está en torno a los 2.300 MW, por lo que existe parte de la capacidad que aún están en desarrollo.

En relación al medio ambiente, el cambio climático es un fenómeno que se manifiesta por un aumento de la temperatura promedio del planeta. Este aumento de la temperatura tiene consecuencias en la intensidad de los fenómenos del clima en todo el mundo. En México la “Ley

---

<sup>2</sup> (2009): "Las energías Renovables en México y el mundo semblanza";  
[<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4830/2/semblanza.pdf>]  
[Consulta: 4 de Junio 2009]

General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente” tiene la finalidad de contribuir a mitigar el cambio climático con acciones desde México, a través de la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción donde disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;

Con acciones y medidas encaminadas a frenar el cambio climático, se puede favorecer un tipo de convivencia social y económica que de características de viabilidad a las actividades humanas, estos conceptos son resumidos en los postulados del desarrollo sustentable. A finales de la década de los años ochenta, la sustentabilidad del desarrollo se convirtió de reclamo marginal o inexistente en exigencia emergente en la agenda de los movimientos y organizaciones sociales, del sector privado y de las políticas y acciones de algunos gobiernos. Para los años noventa, la sustentabilidad del desarrollo pasó de ser exigencia emergente, a un tema obligado tanto en el debate político como en cualquier programa de gobierno.

Actualmente en el país existe un contexto normativo, institucional y programático capaz de explotar los distintos beneficios económicos, sociales y ambientales de las energías renovables, base para el desarrollo sustentable. La Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética en nuestro país, obliga a la Secretaría de Energía a evaluar los beneficios económicos representados al aprovechar estas fuentes de energía.

### ***1.1. Casos de autoabastecimiento en México***

En 2010 la energía eólica fue la segunda tecnología preferida por los inversionistas a nivel mundial, México por su parte tomó la iniciativa por medio de la clase empresarial y política para colaborar con grandes compañías para la inversión de recursos en un nicho potencial de desarrollo de energías renovables.

El sector privado en México se encuentra a la cabeza del desarrollo de su potencial en conjunto para el desarrollo sustentable de energía eólica, geotérmica, solar y biomasa. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ofrece acceso a financiamiento a la medida de cada proyecto y en condiciones a largo plazo no siempre disponibles en los mercados de capital locales para este tipo de operaciones. México no es la excepción y en el año 2011 el BID aprobó un préstamo de 72 millones de dólares para la construcción de un Parque Eólico de 396 MW en Oaxaca, que permitirá expandir el suministro de energía renovable en México y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Empresas como Bimbo, Cemex, CFE, WALMART, Femsa, Soriana, el Municipio de Mexicali, entre otros, ya cuentan con avances significativos en el tema de generación eléctrica por medio de energía eólica. Algunas de estas empresas han implantado sistemas de autoabastecimiento eléctrico que suministran parte de la energía de consumo de algunas empresas del sector privado, que a su vez se encuentran interconectadas al suministro de electricidad de CFE. El potencial eólico con el que se cuenta en el país es considerable, lo que provoca un atractivo para la generación de energía eléctrica.

## **2. Problemática**

Actualmente en los mercados públicos de la Ciudad de México se encuentran administrados por el Gobierno Central, el cual se encarga del pago del servicio eléctrico y alumbrado público de dichos sitios. Por otro lado, los mercados públicos no cuentan con un sistema de subestación eléctrica, por lo que es necesaria su conexión directa a la línea de 127 [V], que implica un costo de facturación de consumo de energía eléctrica alto.

## **3. Planteamiento de la solución**

Se plantea la evaluación técnica y económica de un sistema de autoabastecimiento en base a energía renovable; para identificar si existe un posible ahorro económico, preservación del recurso energético del país y preservación del medio ambiente al usar energía eólica.

## 4. Metodología

- Se evalúa el costo por consumo de energía eléctrica en la red de los 4 mercados públicos propuestos.
- Se propone el sistema de generación que pueda cubrir la demanda de los mercados públicos utilizando energía eólica, así como los costos de implantación del sistema de generación, la elección del sitio, posibles costos adicionales e impacto ambiental.
- Estudio de los costos y requerimientos necesarios para realizar la transmisión de energía mediante porteo desde nuestro sistema de generación, hasta los 4 mercados públicos propuestos.
- Evaluación costo-beneficio que nos proporciona los indicadores de desempeño técnico, de rentabilidad económica y ambiental.

### 4.1. *Objetivo:*

Proponer y evaluar la viabilidad técnica y económica de un sistema eléctrico de autoabastecimiento eléctrico con base en la generación de energía a partir del recurso eólico existente en México para 4 mercados públicos del Distrito Federal.

## **Capítulo 1. Uso de las Energías renovables y autoabastecimiento**

### **1. Introducción**

En este capítulo se podrá tener un panorama mundial en cuanto a lo que energía renovable se refiere, desde los conceptos hasta proyectos en marcha de generación de energía utilizando fuentes renovables. Específicamente se toca el tema de la energía eólica, haciendo referencia a la capacidad instalada a nivel mundial, así como la proyección de desarrollo de esta tecnología en los siguientes años en nuestro país. También se habla sobre los lugares que son potencialmente idóneos por su capacidad eólica, tema que será retomado en el capítulo 2 en el tema de selección de sitio para la generación de energía a través de potencial eólico. Por otro lado, se habla acerca del marco regulatorio para el auto abastecimiento eléctrico al utilizar energías renovables, los diferentes artículos mencionados en la constitución que mencionan el tema, así como las implicaciones de realizar un contrato de interconexión, porteo y desde luego la generación de la energía mencionada. Finalmente se da un panorama de las empresas en México que ya están involucradas en autoabastecimiento de energía y de las que se toma el modelo para poder proponer la implementación de autoabastecimiento eléctrico en mercados públicos del D.F.

### **2. Panorama a nivel internacional de las energías renovables**

Las fuentes de energía renovable son hoy en día una alternativa con un extenso potencial para disminuir la dependencia global en el consumo de combustibles fósiles. Sus aplicaciones tanto en operación como potenciales, han venido creciendo hasta abarcar prácticamente todos los usos finales de la energía en el mundo. Desde los procesos de secado o deshumidificación de granos (por ejemplo el café) a cielo abierto hasta la generación de electricidad por medio de paneles solares instalados en las sondas espaciales, las energías renovables tienen gran relevancia. En la actualidad, el aprovechamiento de las fuentes renovables para generar electricidad muestra niveles de desarrollo asimétrico entre economías avanzadas y economías en desarrollo o emergentes. A excepción de Canadá y Turquía, donde se tienen planes para el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos, en las economías OCDE la mayor parte de los recursos hidroeléctricos económicamente explotables ya han sido desarrollados, por lo que la mayor parte del crecimiento

en las energías renovables en esos países corresponden a fuentes diferentes a la hidráulica, eólica y biomasa. En varios de estos países, principalmente en Europa, se han implementado políticas de estímulo para impulsar su aprovechamiento, por medio de incentivos financieros (feed-in tariffs), incentivos fiscales, fijación de costos de mercado, entre otros instrumentos. En el caso de las economías emergentes y en desarrollo, se considera que la energía hidroeléctrica será la que aporte el mayor impulso durante los próximos años. Específicamente se proyecta un fuerte desarrollo hidroeléctrico en gran escala en China, India, Brasil y varias naciones del sureste asiático como Malasia y Vietnam. Además de la hidroeléctrica, la energía eólica tendrá una dinámica expansión en China.

## 2.1. *Energía eólica*

Durante los años recientes, la capacidad mundial eoloeléctrica instalada ha crecido de manera vertiginosa, particularmente en Alemania y España y más recientemente en China. En Europa, el rápido crecimiento de la capacidad instalada ha sido en gran parte propiciado por la implementación de las feed-in tariffs que son incentivos financieros e incentivos fiscales. Durante el periodo 1999-2009, la capacidad eólica mundial se ha expandido con una tasa de crecimiento promedio anual de 27.9%, al pasar de 13,600 MW a 159,213 MW como se muestra en la Gráfica 1.



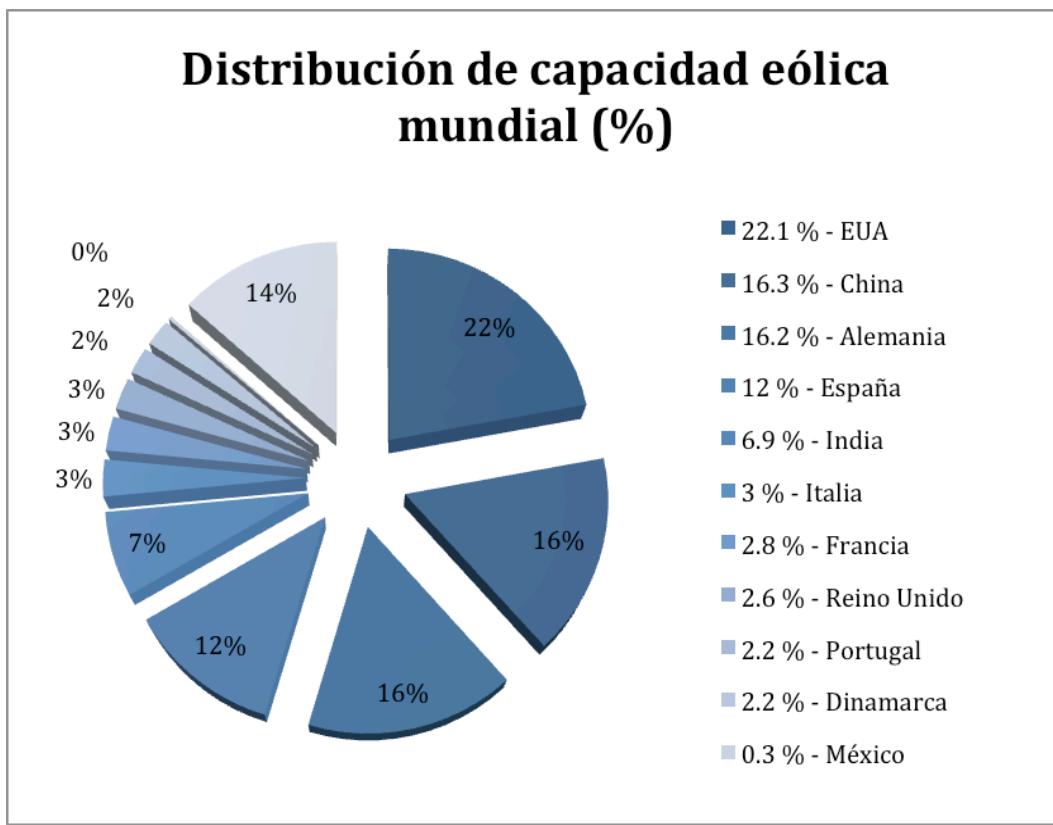
**Gráfica 1 Evolución histórica de la capacidad eólica mundial, 1996-2008. Fuente: Global Wind 2009 Report, Global Wind Energy Council (GWEC) y World Wind Energy Report 2009, World Wind Energy Association.**

Al cierre de 2008 se tenían instalados 159,213 MW de capacidad eólica alrededor del mundo, de los cuales destaca en primer lugar EUA con 35,159 MW (22.1%), China con 26,010 MW (16.3%), Alemania con 25,777 MW (16.2%), luego España con 19,149 MW (12.0%), India 10,925 MW (6.9%), Italia con 4,850 MW (3.0%), entre otros. México ocupa la posición 27 con 402 MW (0.3%) como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1 Capacidad eólica mundial instalada, 2009 (MW). Fuente: World Wind Energy Report 2009, World Wind Energy Association.**

Id	País	Capacidad 2008 (MW)	Adiciones de capacidad 2009 (MW)	Capacidad 2009 (MW)	Participación (%)
1	EUA	120903	38312	159213	100
2	China	12210	13800	26010	22.1
3	Alemania	23897	1880	25777	16.3
4	España	16689	2460	19149	16.2
5	India	9587	1338	10925	12
6	Italia	3736	1114	4850	6.9
7	Francia	3404	1117	4521	3
8	Reino Unido	3195	897	4092	2.8
9	Portugal	2862	673	3535	2.6
10	Dinamarca	3163	334	3487	2.2
11	Canadá	2369	950	3319	2.1
12	Holanda	2235	5	2240	1.4
13	Japón	1880	176	2056	1.3
14	Australia	1494	383	1877	1.2
15	Suecia	1067	512	1579	1
27	México	85	317	402	0.3
17	Resto del mundo	7793	2434	10225	6.4

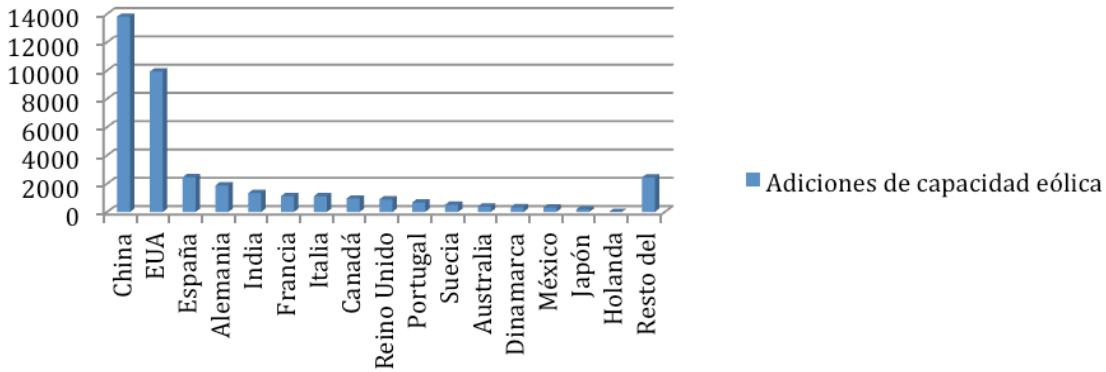
En la Gráfica 2 se muestran los porcentajes de capacidad eólica mundial de los principales países del mundo en este sector, comparados con México.



Gráfica 2 Distribución de la capacidad eólica mundial por país, 2009 (%) 159,213 MW. Fuente: World Wind Energy Report 2009, World Wind Energy Association.

Respecto a las adiciones de nueva capacidad durante 2009, en China se instalaron 13,800 MW, seguido por EUA con 9,922 MW, luego España con 2,460 MW, Alemania 1,880 MW e India con 1,338 MW como se muestra en la Gráfica 3.

## Adiciones de capacidad eólica



Gráfica 3 Adiciones de nueva capacidad eólica por país durante 2009. Fuente: World Wind Energy Report 2009, World Wind Energy Association.

El rápido crecimiento en la capacidad instalada en centrales eólicas, es resultado de las políticas que se han implementado en varios países como estrategia de generación de energía eléctrica sustentable. Bajo esa lógica, en el documento Global Wind Energy Outlook 2010, del Consejo Global de Energía Eólica (GWEC, por sus siglas en inglés), se reportan datos prospectivos de los posibles escenarios para el desarrollo de la capacidad eólica en el mundo durante los próximos años, en los que los principales factores de impacto corresponden a políticas de reducción de emisiones de GEI, instrumentos regulatorios de estímulo, incentivos económicos para la inversión y operación de centrales eólicas, entre otros aspectos.

### 2.2. Energía Geotérmica

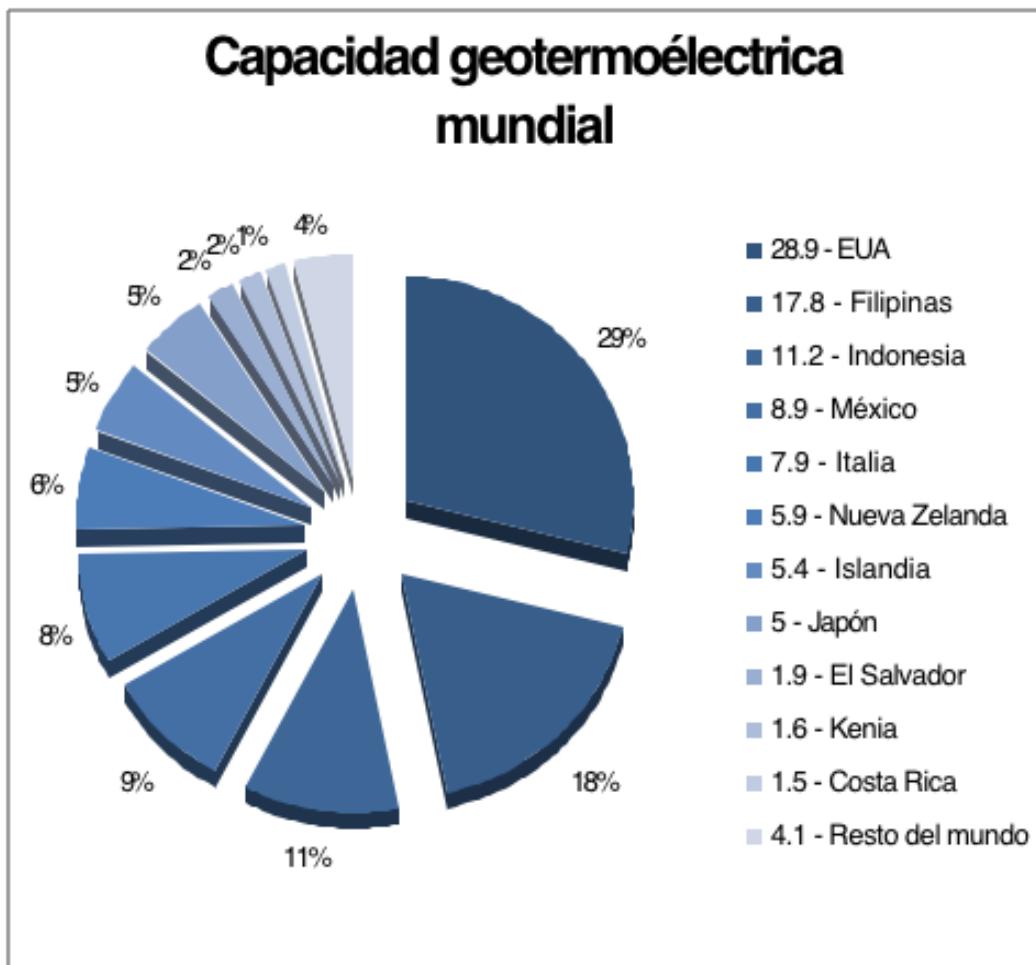
En materia de capacidad instalada para generar electricidad a partir de recursos geotérmicos, en el contexto mundial a octubre de 2010 México ocupó la cuarta posición, con 958 MW, precedido por EUA con 3,093 MW, Filipinas con 1,904 MW e Indonesia con 1,197 MW, representando 8.9%,

28.9%, 17.8% y 11.2% del total mundial, respectivamente, en la Tabla 2 se puede observar dicho comportamiento.

Tabla 2 Capacidad geotérmica mundial neta instalada para generación de energía eléctrica, 2010 MW, (cifras al 30 de abril de 2010). Fuente: International Geothermal Association (IGA)

País	Capacidad geotérmica mundial	Participación (%)
Total	10716	100
EUA	3093	28.9
Filipinas	1904	17.8
Indonesia	1197	11.2
México	958	8.9
Italia	843	7.9
Nueva Zelanda	628	5.9
Islandia	575	5.4
Japón	536	5.4
El Salvador	204	1.9
Kenia	167	1.6
Costa Rica	166	1.5
Resto del mundo	445	4.1

En la Gráfica 4 se muestra los porcentajes de la capacidad geotérmica de los principales países comparados con el nuestro.



Gráfica 4 Distribución de la capacidad geotermoeléctrica mundial por país, 2010. Cifras al 30 de abril de 2010. Fuente: International Geothermal Association (IGA).

### 2.3. Fuentes Hidroeléctricas

Gran parte del crecimiento estimado para la generación eléctrica a partir de fuentes primarias distintas a los combustibles fósiles, proviene de expectativas de realización de grandes proyectos hidroeléctricos en Asia y Sudamérica. China tiene ambiciosos planes para incrementar su capacidad hidroeléctrica. En octubre de 2008, se puso en operación el generador final del proyecto hidroeléctrico Tres Gargantas de 18,200 MW. Adicionalmente, el proyecto Xiluodu de 12,600 MW

sobre el río Jisha, continúa en construcción y está programado para concluirse hacia 2020 como parte de un programa de desarrollo de 14 instalaciones hidroeléctricas. El gobierno chino se ha planteado el objetivo de contar con 300 GW de capacidad hidroeléctrica hacia 2020, mediante la construcción de varios proyectos adicionales a los que hasta aquí se han mencionado. De acuerdo con los planes del gigante asiático, este ambicioso desarrollo hidroeléctrico le permitiría incrementar la generación hidroeléctrica en 4% anual en el largo plazo.

En resumen, en los países en desarrollo de Asia y América Central y Sudamérica, los proyectos hidroeléctricos en media y mayor escala dominarán los incrementos en la utilización de energías renovables durante los próximos años.

China, India y Brasil tienen planes para expandir su capacidad hidroeléctrica para satisfacer los incrementos en su demanda de energía eléctrica. Por el contrario, en Medio Oriente la hidroelectricidad no tendrá una expansión significativa, dado que en esa región sólo algunos países tienen los recursos hidráulicos necesarios para impulsar este tipo de proyectos.

#### 2.4 Energía solar

La tecnología termosolar con mayor utilización en el mundo es la de colectores parabólicos, los cuales se instalan mediante un arreglo de un campo de reflectores concentrados sobre un punto donde un fluido de trabajo es sobrecalentado para producir vapor. Actualmente en los EUA la capacidad total termosolar instalada es de 400 MW y se estima que hacia 2030 crecerá a 859 MW.

### 3. Energía eólica en México

La energía cinética del viento es transformada en energía mecánica por medio de turbinas eólicas, que puede ser utilizada para impulsar un generador eléctrico. Estas turbinas pueden ser de capacidades entre 500 W y hasta 7 MW. Para las últimas dos décadas los costos de esta tecnología han disminuido debido al avance de la tecnología utilizada para diseñarlas, esto hace competitiva a la energía eólica para generar electricidad con respecto a las tecnologías convencionales, claro está que en un contexto geográfico favorable.

En la década de los ochenta en México se realizaron algunos estudios sobre el alcance eólico en estados como Oaxaca e Hidalgo con los instrumentos al alcance de ese momento.

Sin embargo los intereses provenientes del exterior por sus sitios ventosos, han llevado a México a evolucionar en la medición del viento. Gracias a la participación de fondos externos y la colaboración entre países se logró realizar, mediciones sistemáticas, con una metodología más confiable, por otro lado el uso de la tecnología ha permitido mejores aproximaciones usando datos obtenidos de los aeropuertos, barcos y satélites.

Para el 2009, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y los Laboratorios Nacionales de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL por sus siglas en inglés), ya habían recabado información anemométrica, en la Ilustración 1 se puede observar la distribución geográfica del recurso eólico en México.

Existe una variación en la percepción del potencial del recurso, dependiendo de la fuente, por ejemplo los NREL consideraban en 2009, para el Istmo de Tehuantepec un potencial aproximado de 35 mil MW de capacidad aprovechable, mientras que el IIE habla de 5 mil MW de capacidad y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en esa misma zona estima una capacidad mayor a 10 mil MW.

La Rumorosa en Baja California, la zona de Guerrero Negro en Baja California Sur, el Cerro de la Virgen en Zacatecas, la costa de Tamaulipas, la zona de Campeche, el Istmo de Tehuantepec y la península de Yucatán; son las zonas a nivel nacional identificadas con potenciales destacados en recursos eólicos. En la Ilustración 1 se pueden observar los sitios del país con potencial eólico.

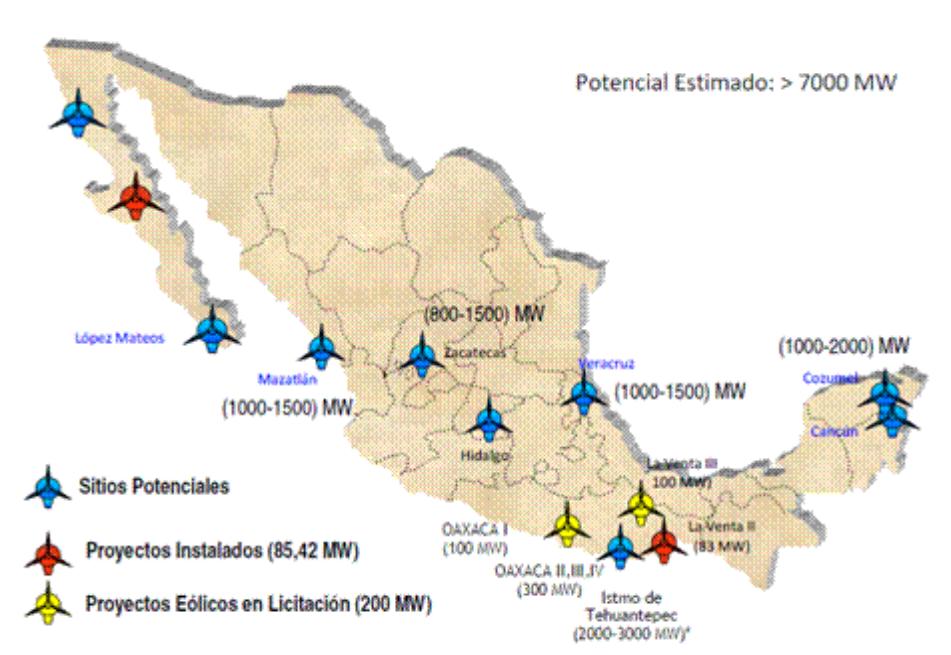


Ilustración 1 Distribución geográfica del recurso potencial eólico en México.

En el país existe un rezago en la generación de energía eléctrica con fuentes de recursos renovables y si nos enfocamos a la energía eólica como fuente de generación de electricidad, la cantidad es aún menor, porque durante casi 10 años solo se mantuvo una capacidad instalada de 2 MW, sin embargo para el 2007 esto comenzó a cambiar al aumentar esta capacidad instalada a 85 MW, el proyecto de La Venta en Oaxaca fue factor muy importante para este desarrollo.

El rezago en aprovechamiento y crecimiento de las fuentes alternas de energía, nos lleva a reconsiderar el futuro energético del país, tenemos que aprovechar su potencial energético eólico.

**En México el uso de las energías renovables para generar electricidad tiene mucho potencial. En la modalidad de autoabastecimiento se desarrollan gran número de proyectos de este tipo; en la Tabla 3 y en la**

Tabla 4 se pueden observar los proyectos eólicos en México.

**Tabla 3 Proyectos eólicos en México en operación.**

Proyectos eólicos en operación							
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW	
La Venta	Oaxaca	OPF	CFE	Vestas	1994	1.6	
La Venta II	Oaxaca	OPF	CFE	Gamesa	2006	83.3	
Parques ecológicos de México	Oaxaca	Autoabastecimiento	Iberdrola	Gamesa	2009	79.9	
Eurus, 1st Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	Acciona	2009	37.5	
Euros, 2nd Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	Acciona	2010	212.5	
Gobierno de Baja California	Baja California	OPF	GBC/Turbo Power Services	Gamesa	2010	10	
Bii Nee Stipa I	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa/Gamesa	Gamesa	2010	26.35	
La Mata – La Ventosa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eléctrica del Valle de México	Clipper	2010	67.5	
							518.63
Proyectos eólicos bajo construcción							
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW	
Fuerza eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	Clipper	2010	50	
La Venta III	Oaxaca	PIE	CFE/Iberdrola	Gamesa	2011	101	
Oaxaca I	Oaxaca	PIE	CFE/EYRA	Vestas	2010	101	
Oaxaca II,III,IV	Oaxaca	PIE	CFE/Acciona	Acciona	2011	304.2	
Los Vergeles	Tamaulipas	Autoabastecimiento	GSEER	Siemes	2011	161	

717.2

Tabla 4 Proyectos eólicos en México en desarrollo.

Proyectos eólicos en desarrollo						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Energía Alterna Istmeña	Oaxaca	Autoabastecimiento	Preneal	Por Definir	2011/14	215.9
Energía Eólica Mareña	Oaxaca	Autoabastecimiento	Preneal	Por Definir	2011/14	180
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	Clipper	2011/14	30
Bií Hioxio	Oaxaca	Autoabastecimiento	Unión Fenosa	Por Definir	2011/14	164
Bií Stinú	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Istmo (Eolia)	Por Definir	2011/14	160
Santo Domingo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Pacífico (Eolia)	Por Definir	2011/14	288
Bii Nee Stipa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa/Gamesa	Gamesa	2011/14	227.5
Desarrollo Eólicos Mexicanos	Oaxaca	Autoabastecimiento	Renovalia	Por Definir	2011/14	140
Zapoteca de Energía	Oaxaca	Autoabastecimiento	Alesco, S.A de C.V.	Por Definir	2014	60
Vaquerías – La Paz	Jalisco	Autoabastecimiento	Eoliatec de México	Por Definir	2014	64
Chinanpas	Jalisco	Autoabastecimiento	Eoliatec de México	Por Definir	2014	1000

Unión Fenosa	Baja California	Exportación	Gas Natural/Union Fenosa	Por Definir	2011/14	1000
Sempra	Baja California	Exportación	Sempre	Por Definir	2011/14	1000
Wind Power de México	Baja California	Exportación	Wind Power de México	Por Definir	2011/14	500
Fuerza Eólica de Baja California	Baja California	Exportación	Fuerza Eólica de Baja California	Por Definir	2011/14	300
						5556.9
Total MW						6792.7

OPF: Obra Pública Financiada (Licitaciones de CFE)

FOC: Fecha de Operación Comercial.

PIE: Productor Independiente de Energía (Proyectos licitados por CFE)

Autoabastecimiento: Se trata de proyectos privados.

Fuente: Asociación Mexicana de Energía Eólica.

#### **4. Marco regulatorio para el autoabastecimiento eléctrico con energías renovables**

Conforme a lo establecido en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. La Comisión Federal de Electricidad (CFE), es la empresa estatal encargada del suministro de la energía eléctrica a los clientes del servicio público, empleando para ello el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), y cobrando por su servicio una tarifa regulada.

Con el objetivo de incentivar la participación del sector privado en la expansión del sistema eléctrico, en 1992 el Congreso de la Unión ha modificado la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), incorporando las modalidades de: autoabastecimiento, cogeneración, productor independiente, pequeña producción y exportación e importación de energía eléctrica.

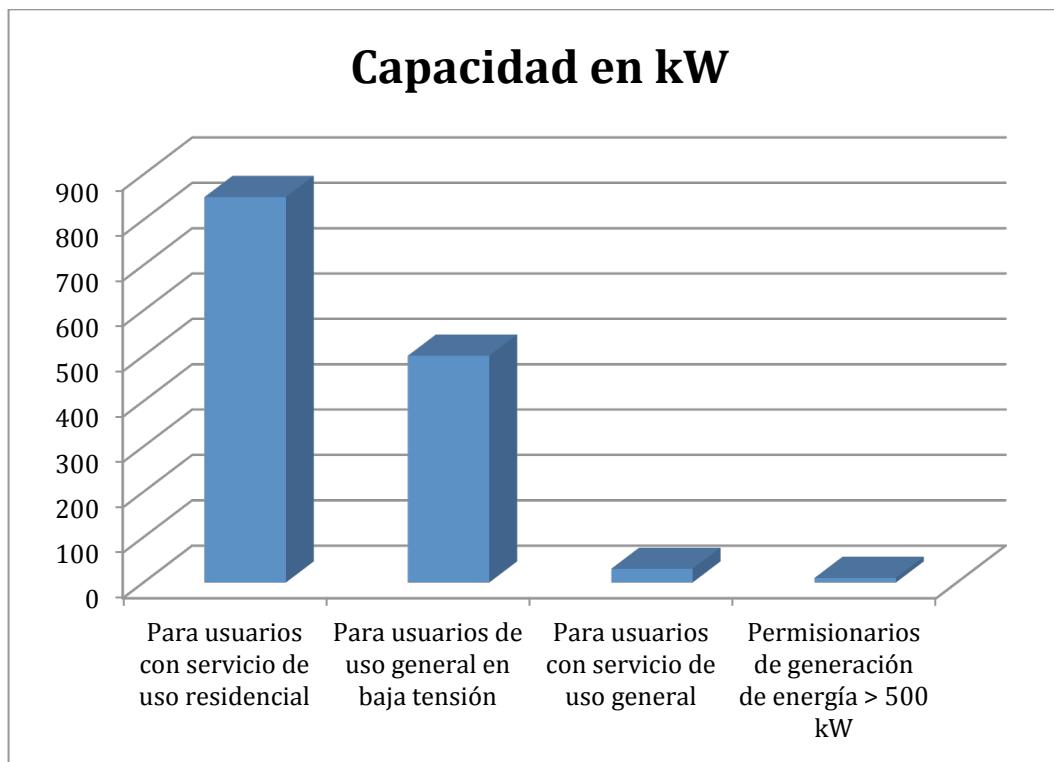
Autoabastecimiento: Es la generación de energía eléctrica para fines de autoconsumo siempre y cuando dicha energía se destine a satisfacer las necesidades de personas físicas o morales y no resulte inconveniente para el país.

(Art. 36 fracción I LSPEE; Art. 101 siguientes RLSPEE)

El artículo 31 del Reglamento de la LAERFTE, establece que, para la regulación de la generación con energías renovables como la cogeneración eficiente, la Comisión expedirá las metodologías y modelos de contrato que correspondan.

Asimismo, establece que para propósitos del Reglamento los generadores renovables para autoabastecimiento de hasta 0.5 MW, tendrán los mismos derechos que los permisionarios, en los términos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica Artículo 35 Reglamento de la LAERFTE.

Derivado de lo anterior, los instrumentos regulatorios en materia de energía renovable fueron modificados, con la finalidad de tomar en cuenta a los proyectos de generación de energía eléctrica que utilizan cualquier tipo de energía renovable o sistema de cogeneración, ya sea en pequeña escala o los que se encuentren conectados en media tensión, manteniendo las ventajas del contrato de interconexión vigente. Estos modelos de contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña y Mediana Escala, resultan aplicables a la CFE y se pueden observar en la Gráfica 5.



**Gráfica 5 Clasificación de Proyectos de Energía Renovable y cogeneración de Energía Eléctrica por capacidad. Fuente: Comisión Reguladora de Energía**

Para realizar el Contrato de Interconexión para centrales de generación eléctrica con energía renovable se requiere un permiso de generación en la modalidad de autoabastecimiento o cogeneración. Donde el permisionario se hará a cargo del realizar cualquier modificación que sea necesaria a sus instalaciones

A partir de este contrato se puede acceder a celebrar convenios para el servicio de transmisión donde es obligación del suministrador, llevar a cabo los estudios de factibilidad

En el Convenio para el servicio de transmisión de energía eléctrica para fuentes de energía renovables (publicado el 28 de abril de 2010 en el Diario Oficial De la Federación) establece las bases, procedimientos, términos y condiciones para que el Suministrador proporcione al Permisionario el Servicio de Transmisión o transporte de energía del punto de interconexión hasta

los puntos de carga, para esto el Permisionario ya debe contar el estudio de factibilidad correspondiente. En el Anexo A se presentan los procedimientos de tramitación.

## 5. Mercados públicos en la Ciudad de México

### 5.1. *Historia*

En México los mercados se remontan a la época prehispánica, el más fructuoso y extenso fue el mercado de “Tlatelolco” que mostraba el poderío azteca, la guerra de conquista dio fin al mercado de “Tlatelolco”, en la época de la colonia el comercio se realizaba en la plazuela del volador junto a la “Plaza Mayor”, y el mercado de “Santa Catarina” conocida como “La Lagunilla”, la destrucción de estos mercados dio origen al “Paríán” una plaza que ocupaba gran parte de la “Plaza Mayor” posteriormente proliferaron las actividades comerciales y desde entonces ya existía el prodigioso y mayoritariamente indígena el barrio de “Tepito” lugar donde se vendía ropa, alimentos y todo tipo de mercancías usadas, en 1828 fue destruido el “Paríán”, esto trajo como resultado que todo el comercio se encaminara al mercado de “La Merced” ubicado frente al atrio del templo del mismo nombre, a principios del siglo XIX los mercados de barrio se constituyan ya como la base del consumo popular y surgieron mercados como el de “San Juan” (1918) donde se vendía todo tipo de carne, el de “Jamaica” las flores más variadas y el de “Sonora” todo tipo de hierbas medicinales y lo más exótico de la fauna al tiempo que seguían proliferando los tianguis al aire libre, cuando la “Merced” fue insuficiente se construyó “La Central de Abastos” misma que hasta ahora se encarga de la gran misión de recibir el grueso de las mercancías que ingresan a la capital por eso desde los años 70 comenzaron a construirse las grandes tiendas de autoservicio y los gigantescos almacenes o denominados plazas comerciales todas ellas al estilo estadounidense.

Al ser una fuente de empleo para los locatarios, y de abasto a precio justo, los mercados son un referente en las colonias populares, un punto de reunión y de afluencia vecinal, en el que se derrama una buena parte del ingreso familiar, los mercados deben ser modernizados y protegidos de la penetración de cadenas comerciales y de autoservicio que significarían su desaparición al no poder competir contra las grandes cadenas de autoservicio.

Los mercados públicos forman parte de la economía popular y del abasto en la ciudad, en la ciudad de México el total de mercados públicos cubren el 23% del abasto de los capitalinos.

Los mercados públicos, en este nuevo siglo se encuentran en un punto crítico tal parece que nos hemos olvidado del majestuoso y profundo significado que tiene para la cultura mexicana los denominados “mercados públicos”. Todo esto, sumado en el caso particular de la ciudad de México provoca que los servicios para la población se muestren improvisados y caóticos.

Es ahora cuando es indispensable adoptar nuevas estrategias de planeación urbana y de desarrollo sustentable para las futuras generaciones, inspirado en lo que se ha logrado en otras ciudades de la república y el mundo. Es necesario entender que el buen funcionamiento del equipamiento urbano como son los mercados públicos, necesitan propuestas que eventualmente contribuyan al medio ambiente y a un desarrollo sustentable con el fin de satisfacer las nuevas necesidades y los nuevos retos y compromisos que tenemos con las generaciones futuras.

Actualmente en la Delegación Coyoacán se construyó el mercado público “El Verde”, nuevo modelo de espacio comercial que tiene una inversión cercana a los 21 millones de pesos, se convirtió en el

primer mercado público con tecnología sustentable al contar con un sistema de recuperación de agua pluvial, celdas solares y acceso a personas con discapacidad.<sup>3</sup>

Serán beneficiadas 200 familias que podrán contar con un espacio para realizar su actividad comercial y es parte de un proyecto de desarrollo sustentable que realiza la Delegación Coyoacán en coordinación con la Secretaría del Medio Ambiente local para un mejor aprovechamiento de los espacios públicos y dar los primeros pasos para la formación de una política de sustentabilidad en ese demarcación.

Por otro lado, los mercados privados y sobre todo el sector privado cuentan con proyectos de autoabastecimiento ya implantados y con miras a llevarlo a cabo, utilizando energía eólica, de donde:

Cemex. Con una inversión de 100 millones de dólares, divididos en diferentes etapas y con el objetivo de autosuficiencia energética, la cementera a través de la empresa Ventika generará energía eólica bajo la modalidad de autoabastecimiento. Lo anterior se llevará a cabo por medio de

---

<sup>3</sup> Balboa, Berenice; “Este País”. Medio Ambiente, 208(2011): 24-25.

un permiso otorgado a Cemex mediante la CRE, en el que se indica que la capacidad de generación de la central será de hasta 252 MW con una producción estimada anual de energía eléctrica de 660 GWh. Con esto, se lograría cubrir la demanda de alrededor de 16 plantas ubicadas en diversos puntos del país.

Acciona. En 2010 Acciona fue la octava empresa que más invirtió en México. Con la construcción y la explotación de tres parques eólicos en el estado de Oaxaca, la empresa colocó una inversión por un monto de 600 millones de dólares. Asimismo Acciona Energía México es propietaria y operadora de más del 50% de las inversiones eólicas que se han llevado a cabo en México y en 2009 finalizó con el montaje del Parque Eólico EURUS, que cuenta con una capacidad total instalada de 250.5 MW y que abastece el 25% de las necesidades de energía de CEMEX en México.

Femsa. Con una inversión de 89 millones de dólares, Femsa participará como socio del Fondo de Infraestructura MacQuire México (MMIF) en el proyecto de construcción del Parque Eólico Istmeño, que tendrá un costo de mil 200 millones de dólares. Treinta y dos por ciento será otorgado por MMIF, 45 por Femsa y 22.5 por MacQuire Capital.

Grupo Bimbo. La construcción de “Piedra Larga” será el Parque Eólico más grande a nivel mundial dedicado a la industria alimenticia. Con dicho Parque Eólico, el Grupo suministrará prácticamente el 100% de la energía eléctrica consumida en sus operaciones en México dentro de la red nacional. Se contará con una potencia instalada de 90 MW permitiendo abastecer la demanda eléctrica de más de 60 instalaciones. Con estas nuevas instalaciones se evitará la emisión de 250 mil toneladas de dióxido de carbono.

Frialsa Frigoríficos, Grupo Clidra y Museo Papalote. Son socios auto consumidores de energía eólica como socios de Grupo Bimbo y su proyecto antes mencionado.

Soriana. Con una inversión de entre 100 millones y 120 millones de dólares, Soriana planea la construcción de su planta de energía eólica en Tamaulipas. Esta planta abastecerá de energía a unas 120 tiendas de la región norte del País y se estima que esté operando ya hacia finales del

2012, con una proyección de construcción de cuatro parques eólicos más en los siguientes dos años.

Iberdrola. Con una inversión por 365 millones de dólares promueve la construcción de dos proyectos en el país: una planta de cogeneración de energía eléctrica en Guanajuato y un Parque Eólico de más de 20 MW en Oaxaca.

WalMart. Lleva a cabo la compra de energía al Parque Eólico La Mata La Ventosa, en Oaxaca, donde Walmart genera 70% de la electricidad de sus 348 tiendas en la zona centro del país.

EDF Energies Nouvelles. En mayo de 2010 anunció la puesta en marcha del Parque Eólico La Mata La Ventosa, con una capacidad total instalada de 67.5 MW, localizado en el estado de Oaxaca, en el Istmo de Tehuantepec. La energía generada en este parque es utilizada por la cadena de tiendas Walmart México, durante un periodo de quince años.

Municipio de Mexicali. Se ha logrado tener ahorros significativos de hasta 8 millones de pesos en el municipio de Mexicali en el último año al consumir energía del Parque Eólico La Rumorosa en lugar de la que provee la CFE.

## **6. Implicaciones ambientales, energéticas y de desarrollo sustentable**

En la ciudad de México, los mercados públicos no cuentan con los recursos necesarios para ser considerados sustentables, tan solo en el Distrito Federal existen 325 mercados empadronados de donde solo 1 cuenta con las condiciones necesarias de sustentabilidad. El mercado El Verde de Coyoacán cuenta con el uso de ecotecnologías para la captación de agua de lluvia y ahorro de energía, así como accesibilidad para personas discapacitadas.

De cara a los impactos negativos del cambio climático global y la llegada de la máxima producción mundial de petróleo convencional, la generación de energía eólica se presenta como una medida óptima para:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- Reemplazar los usos energéticos de los combustibles fósiles, en particular del petróleo.

- Crear empleos “verdes”, tanto en la parte de generación como en el abastecimiento de la energía como es el caso del mercado público “El Verde”.
- Suministrar energía eléctrica a comunidades rurales y marginadas.
- Garantizar la seguridad energética de los países ante la volatilidad de los precios del petróleo.

La energía eólica ha sido, la energía renovable de mayor crecimiento a nivel mundial en términos de capacidad eléctrica instalada con 194,4 GW acumulados en 2010, y cerca del 62 % de la inversión global en energías renovables durante el mismo año según la Renewable Energy Policy Network for the 21 st Century. A pesar de que la producción de energía eólica ha registrado un crecimiento significativo durante los últimos años, todavía persisten barreras jurídicas, políticas y económicas que dificultan su uso. Una de las más importantes es la resistencia a modificar sustancialmente el modelo energético existente basado en el uso intensivo de los combustibles fósiles que ha generado una devastación ecológica global. La resistencia se explica porque la energía fósil es fundamental para el funcionamiento de la economía y el mantenimiento de la hegemonía mundial. Esto se expresa en los elevados subsidios que reciben los combustibles fósiles en industrias altamente contaminantes como la cementera o automotriz. La ausencia de la contabilidad económica de los costos ambientales involucrados en el ciclo de vida de los combustibles fósiles, provoca que sus precios sean más competitivos que los precios de las energías renovables.

Es cierto que la energía eólica es un recurso renovable que tiene diversos beneficios como la nula generación de GEI durante la producción de electricidad, menor generación de daños ambientales en comparación con los combustibles fósiles, suministro de electricidad más limpia a comunidades rurales, sobre todo a través de sistemas de energía eléctrica descentralizada a escala local, entre otros más, pero su uso aún se caracteriza por altos grados de incertidumbre ética, cognitiva y complejidad respecto a sus implicaciones en diferentes escalas espacio-temporales. Esto no suele mencionarse en el discurso de promoción a la energía eólica, ya que prevalece la creencia de que la producción de tecnologías en energía eólica resolverá por sí misma el problema del cambio climático, ignorando asuntos complejos que deben ser incorporados al debate y a la reflexión sobre en qué medida la energía eólica contribuye a mitigar, o al contrario, agravar los efectos negativos del cambio climático.

El creciente uso de tecnologías eólicas a gran escala en varios países como España, Alemania, Italia, entre otros, ha ocasionado diversos impactos socio ambientales negativos y la oposición de grupos ambientalistas y de protección de derechos humanos. Este es el caso de la instalación de parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec, donde comunidades de base campesina e indígena protestan contra dichos parques por impactos como:

### **6.1. *Conflictos sociales***

- Riesgo de pérdida de capacidad productiva de terrenos agrícolas.
- Afectación del paisaje.
- Muerte de la población de aves locales por colisión con aerogeneradores.
- Generación de ruido.
- Degradación de ecosistemas.
- Debido a estas implicaciones, es pertinente cuestionar el uso actual de la energía eólica antes de aceptar acríticamente sus ventajas reales y potenciales. En general, la puesta en marcha de parques eólicos, tiene implicaciones muy diversas desde la parte social, de medioambiente, de generación de energía, entre otras.
- Conflicto por la propiedad de la tierra.

La implementación de parques eólicos ha generado el rechazo y la oposición social por parte de un sector de la población del Istmo de Tehuantepec, en especial de grupos como: Grupo Solidario La Venta, La Ventosa Vive, Asamblea en Defensa de la Tierra y el Territorio de Juchitán, el Consejo de Ancianas y Ancianos de Rancho Gubiña, el Centro de Derechos Humanos Tepeyac y la Unión de Comunidades Indígenas de la Zona Norte del Istmo, el Colectivo Magisterial y Popular 14 de junio, entre muchos más. Estos grupos se inconforman debido al cambio de tenencia de la tierra colectiva a privada a través de la firma de contratos de arrendamiento de tierras entre sus propietarios y las empresas eólicas, que permite a éstas acceder a la tierra para instalar aerogeneradores que aprovechen el recurso eólico. Estos contratos se realizan en condiciones de clara desventaja para los propietarios porque permiten a las empresas obtener derechos sobre el uso de la tierra durante 30 años, con posibilidad de renovarse por otros 30, y apropiarse de gran parte de las ganancias generadas por los parques eólicos al fijar los montos por el pago de la renta de cada hectárea arrendada.

Los opositores a los parques eólicos han manifestado que los contratos usualmente no ofrecen información transparente y veraz sobre los derechos que tienen los propietarios al arrendar su tierra, y sobre lo que sucederá con las instalaciones eólicas una vez que se termine el contrato. Asimismo, señalan que los contratos no establecen una distinción precisa entre fincas productivas y terrenos baldíos, y carecen de cláusulas de actualización de los pagos. A esto se suma, la cooptación de representantes de las comunidades y la simulación de asambleas ejidales con firmas de personas fallecidas y otras que no aparecen en el padrón ejidal para agilizar la firma de contratos y negociaciones individuales entre propietarios y empresas, con el fin de excluir a las asambleas ejidales de los procesos de toma de decisiones.

Ante esta situación, los grupos han demandado la nulidad definitiva de los contratos de arrendamiento de tierras. Para muestra, el 19 de agosto de 2008, comuneros de los municipios de Juchitán de Zaragoza, Unión Hidalgo y Xadani exigieron a un juez civil respuesta a las 120 demandas de nulidad de los contratos que firmaron con empresas transnacionales eólicas, luego de no recibir respuesta en 7 meses de la Asamblea en Defensa de la Tierra, 2008. Aquí vale señalar, que la falta de atención de las demandas se debe en gran medida a que los pueblos indígenas de Oaxaca históricamente han sido marginados de las decisiones de interés público y del acceso a la impartición de justicia ágil e imparcial, como resultado de formas de ejercer el poder caracterizadas por el caciquismo.

Aunado a la nulidad de los contratos, se suman otras demandas como: la suspensión de los parques eólicos; la construcción de un proyecto comunitario de energía que modifiquen las normas que definen y legitiman las formas de propiedad y valorización sobre el recurso eólico; acceso a información verídica sobre los impactos ocasionados en los territorios y las características de las negociaciones llevadas a cabo con autoridades y empresas; y consulta a los pueblos indígenas sobre la ejecución o no de los proyectos eólicos con base en los artículos 6 y 7 del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), acuerdo internacional ratificado por el gobierno mexicano. En términos generales, dichos artículos indican que la consulta debe realizarse mediante procedimientos apropiados e instituciones representativas de las comunidades indígenas y campesinas con la finalidad de llegar a un acuerdo sobre las medidas propuestas por la Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio.

## ***6.2. Influencia del cambio climático***

Paradójicamente, aunque la producción de energía eólica pueda contribuir a mitigar el cambio climático al mismo tiempo puede ser afectada por éste. En este sentido, el cambio de la distribución geográfica y/o la variabilidad anual del viento en un determinado sitio puede influir en el diseño, operación, expectativas de producción de energía eléctrica, vida útil de los aerogeneradores, y estimaciones de reducción de emisiones de GEI. Asimismo, existe la posibilidad de que el cambio climático afecte el suministro de energía eléctrica, en especial, las líneas de transmisión eléctrica por el incremento de la temperatura; el aumento de incendios forestales; y una mayor incidencia de fenómenos meteorológicos. Siguiendo en esta línea, estudios recientes señalan que la construcción de parques eólicos a gran escala puede generar un aumento en la temperatura del aire, lo que podría dar lugar a una disminución leve de la densidad del aire y de la producción de energía eléctrica.

A esto habría que agregar las limitaciones de la energía eólica como: su concentración espacial limitada y generalmente alejada de los principales centros de demanda; los elevados costos de las líneas de transmisión y de transporte de energía eléctrica para su incorporación a la red eléctrica; y la capacidad limitada de los aerogeneradores para almacenar la electricidad debido a la variación estacional y diurna del viento. Esta variación implica que el viento no sopla siempre a velocidades que permitan la generación máxima de energía, por lo tanto, el porcentaje de la generación total de electricidad de la energía eólica puede ser sustancialmente menor al porcentaje de la capacidad eléctrica total instalada según el National Research Council. Por lo anterior, los parques eólicos requieren de la generación de energía térmica y del uso de combustibles fósiles, como respaldo ante la imposibilidad de generar energía cuando el viento deja de soplar.

Considerando lo arriba señalado, también cabe apuntar las dificultades de la energía eólica para reducir las emisiones de GEI. Esto se debe a que la cantidad de energía eólica que puede desplazar a otras fuentes de energía en la generación de electricidad no se puede obtener restando simplemente la cantidad de energía generada por los parques eólicos de la generada por los combustibles fósiles, y luego, multiplicando ese resultado por la cantidad de emisiones por unidad de energía, y atribuyendo esa cantidad de reducción de emisiones a la energía eólica .

### ***6.3. Ciclo de vida***

Los parques eólicos, en especial los aerogeneradores, son intensivos en el uso de energía y materiales durante todo su ciclo de vida, es decir, desde la extracción de materiales hasta su disposición final como residuos. En el caso de los materiales, los más utilizados son: hierro, acero, lignito, granito, calcio, arena de cuarzo, piedra caliza, zinc, entre otros más. La energía y materiales involucrados en el ciclo de vida de la tecnología eólica se relacionan con el costo energético de la energía eólica, esto es, con la energía necesaria para construir, operar y mantener un aerogenerador de cara a la energía que son capaces de proporcionar.

Al respecto, hay quienes indican que la energía requerida para fabricar los aerogeneradores es mínima como la World of Wind Energy, mientras otros señalan que los requerimientos de energía pueden ser mayores. Por ejemplo, Crawford en 2009 señala que un aerogenerador de 3.0 MW requiere una energía inicial de 33,630 GJ y tiene una intensidad energética de 87, 300 GJ. En cualquier caso, determinar los costos energéticos de la energía eólica dependiendo en gran medida del método y de los criterios empleados en el análisis de los flujos de energía; así como de las características del sitio de construcción y de los propios componentes tecnológicos. Por lo tanto, se deben realizar evaluaciones de caso por caso. Así, para el caso puntual de los parques eólicos del Istmo de Tehuantepec, el inconveniente principal es que no existe información sobre los requerimientos de energía y materiales para fabricar los aerogeneradores.

Por lo anterior, se utilizan los siguientes datos del aerogenerador de la marca Vestas V90-3.0 MW únicamente para exemplificar el consumo aproximado de materiales que requiere la fabricación de aerogeneradores. Por ejemplo, este aerogenerador utiliza 275 ton de acero en las torres de 105 metros de altura 5.525 ton de acero en el generador eléctrico 22.54 ton de acero en la caja de engranes y 31.45 ton de acero en el armazón de la góndola. En total se emplean 334.52 ton de acero, 8.50 ton de hierro, 4.69 ton de cobre, 3.19 ton de aluminio; y 19.86 ton de fibra de vidrio, que da en total 370.75 ton de materiales.

Aunado a lo anterior, cabe resaltar el consumo de agua en los procesos de producción de varios materiales como goma de poliuretano, y en la generación de electricidad en centrales eléctricas convencionales que sirven de respaldo a la producción de energía eólica. Por ejemplo, un Parque

Eólico terrestre de 300 MW necesita aproximadamente 7,460,000 kg de agua en la fabricación de un aerogenerador y 51.231 g/kWh generado, de un total de 57.608 g de materiales empleados por cada kWh generado.

A esto debe agregarse, la ausencia de consideración de costos ambientales como la emisión de CO<sub>2</sub>, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, entre otros contaminantes involucrados en la fabricación de productos o tecnologías, y en el transporte de materiales, en la contabilidad económica de los proyectos eólicos. Esto acarrea un problema importante, ya que si los costos fueran incorporados, las estimaciones de producción total de energía eléctrica y de ahorro de emisiones de GEI de un Parque Eólico serían menores a las que actualmente se proyectan; e incluso su instalación podría ser más costosa.

Vinculado a lo anterior, sería pertinente realizar un cálculo del consumo de combustibles fósiles y de la cantidad de emisiones de GEI que se producen en el transporte de los materiales necesarios para construir los parques eólicos, incluyendo los aerogeneradores que son importados del extranjero. Por ejemplo, en el caso del “Parque Eólico Istmeño”, se calcula que en la etapa de construcción, un camión de carga a una velocidad promedio de 30 km/hr genera 5.17 gramos de emisiones de hidrocarburos (HC) por kilómetro recorrido, 19.8 g/km de monóxido de carbono (CO), 25.6 g/km de óxido de nitrógeno (NOX), 3 g/km de partículas suspendidas totales (PST) y 0.47 g/km de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Mientras que una camioneta pick up a 30 km/hr produce 7.01 g/km de HC, 76.3 g/km de CO, 2.88 g/km de NOX, 0.2 g/km de PST, y 5.1 g/km de SO<sub>2</sub>. No obstante, no queda claro el número total de vehículos involucrados en la construcción del Parque Eólico y el recorrido de los automóviles que está siendo considerado.

Otros impactos que no suelen ser abordados son los generados por el desmantelamiento de los parques eólicos después de su vida útil, usualmente 20 años, en los que se tienen residuos como: cascajo, plásticos, metales y aparatos mecánicos y eléctricos. En este sentido, los estudios de impacto ambiental han señalado de manera muy general que se hará una limpieza y separación de los desechos de acuerdo a sus características, y posteriormente serán reciclados, vendidos a intermediarios, depositados en almacenes o algún relleno sanitario o cementerio industrial. Por señalar un ejemplo, el “Parque Eólico istmeño” durante todas las fases de su construcción que duró un año aproximadamente, se estimó la generación de 400 L de aceites gastados, 2,000 L de

envases impregnados, 2,000 L de estopas y trapos impregnados de solventes, 300 L de restos de material eléctrico, 63 660 L de aguas residuales, entre otros más.

Sin embargo, el problema es que no existe un plan integral a largo plazo de manejo y disposición de residuos peligrosos y no peligrosos, que sería necesario para evitar daños a la salud y el medio ambiente. Y es que una de las principales preocupaciones de los propietarios que arriendan sus tierras para la instalación de parques eólicos, es la posibilidad de que porciones de tierra queden inutilizadas para la realización de actividades agrícolas una vez que se retire la instalación de los parques eólicos.

#### ***6.4. Afectación de suelos y aguas***

En la construcción de parques eólicos se generan derrames de aceite sintético, solvente, y pintura por los cambios de aceite para el mantenimiento de cada aerogenerador. Esto puede contaminar los suelos y cuerpos de agua superficial y subterránea. Por ejemplo, el Parque Eólico “Electricidad del Valle de México” estima una generación de 155 L de aceite de residuo por cada aerogenerador, que multiplicado por los 75 aerogeneradores que integran las instalaciones, da un total de 11,625 L por recambio.

Si bien el vertido de aceite en el suelo y el agua es un impacto que puede resultar pequeño en comparación con otros impactos generados por el uso de otras fuentes de energía, puede afectar los terrenos en donde se desarrollan las actividades agrícolas, ganaderas y pesqueras que representan las principales fuentes de ingreso de la población local. De este modo, un daño significativo que impidiera parcial o totalmente la siembra de cultivos representaría un gran problema social (incluyendo una potencial migración de la población en busca de empleo), teniendo en cuenta la falta de apoyo institucional, económico y tecnológico del gobierno mexicano a los pequeños y medianos productores agrícolas.

#### ***6.5. Degradación visual y generación de ruido***

La construcción de parques eólicos a gran escala puede afectar significativamente el paisaje del sitio de operaciones y de sus alrededores, así como la percepción que los individuos le atribuyen al paisaje. Este fue el caso de pobladores del ejido La Venta que demandaron a La Comisión Nacional

de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) la protección del sitio arqueológico Rastro Tolistoque ubicado cerca del Parque Eólico “La Venta II”.

Abordar el impacto visual no se trata de saber si los parques eólicos son atractivos visualmente o no, si no de conocer hasta qué punto se dañan los recursos visuales de la zona y cómo esto repercute en la calidad de vida de los habitantes. Por tal motivo, siempre debe considerarse la frecuencia con que serán vistos los parques eólicos; y la presencia de sitios de recreación, áreas arqueológicas, o elementos naturales como lagos, ríos, montañas, o grandes extensiones de terrenos baldíos. La afectación de estos sitios tendrá repercusiones en los niveles de sensibilidad de la población local, los cuales se relacionan con las expectativas del uso que se les da a estos sitios y con un fuerte apego a éstos.

Por otro lado, el funcionamiento de los aerogeneradores produce ruido mecánico y aerodinámico. Usualmente, la amplitud del sonido es de 90 a 105 dB a una distancia de 40 m, y de 35 a 45 dB a una distancia de 300 m, mientras que las frecuencias son superiores a 100 Hz en ruido de banda ancha y menores a 100 Hz en ruido de baja frecuencia (*Ibid*, 2007:159). En relación con esto, cabe mencionar que los actuales aerogeneradores son menos ruidosos que los modelos anteriores como resultado del avance en las técnicas de aislamiento que permiten controlar el sonido.

De este modo, se estima que los niveles de ruido de los aerogeneradores no representan un peligro para la salud de las personas y de los organismos que habitan cerca de los parques eólicos. No obstante, para el presente caso de estudio, no existen informes que analicen si el ruido de los aerogeneradores ha generado molestias, en particular estrés o deterioro en la calidad del sueño, así como la intensidad del ruido en comparación con otras fuentes de ruido en los alrededores.

### ***6.6. Afectación de la vida silvestre***

La construcción de parques eólicos puede resultar en la fragmentación de extensiones contiguas de hábitat, afectando principalmente a las aves y los organismos de movimiento lento, como los pertenecientes a la clase Mammalia, Reptilia y Amphibia. Esto puede provocar el desplazamiento de especies y un aumento de la temperatura del suelo, que repercutiría en el flujo de aguas superficiales y los procesos tróficos básicos como las relaciones de la cadena alimenticia entre plantas, insectos y depredadores.

De entre todos los impactos, sin duda alguna el más controversial es la muerte de fauna voladora por la colisión con las aspas de aerogeneradores en funcionamiento. Generalmente, la controversia aumenta porque los parques eólicos se ubican en una de las rutas migratorias más transitadas de Mesoamérica y en el ecosistema selva baja caducifolia, que concentra el 33 % de dicha fauna en México. Por un lado, hay quienes afirman que la muerte de aves es insignificante en comparación con otras causas de muerte como la colisión con edificios, tendidos eléctricos y otras infraestructuras y que las aves pueden aprender a evitar los aerogeneradores, aunque para este caso se utilizan equipos especializado para evitar colisiones. Por otro lado, se maneja que los índices de mortalidad son elevados y que existe un riesgo de alterar significativamente el hábitat de las aves como se menciona en Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio. En este tenor, de acuerdo con la oficina mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (Cipamex), los parques eólicos pondrán en peligro al menos 16 especies de aves reconocidas por la legislación mexicana e internacional, lo que podría provocar una reacción ambiental en cadena en Mesoamérica.

Algunas de las especies afectadas para el caso del Parque Eólico “Eurus”, considerado como el más grande de América Latina, son las especies: *Aimophila sumichrasti* en peligro de extinción; *Odontophorus guttatus* sujeta a protección especial; *Aratinga holochrrora* especie amenazada; *Cairina moschata* en peligro de extinción; y *Aratinga strenua* amenaza; podrían ser afectadas debido a la altura de su vuelo, pérdida de hábitat, y efecto barrera. El efecto de barrera hace referencia a una barrera que dificulta la movilidad de las aves al fragmentar la conexión entre sitios, lo que conlleva un mayor gasto energético de las aves al tener que dar rodeos para evitar encuentros con los aerogeneradores.

Con el propósito de mitigar los impactos sobre la avifauna, los estudios ambientales recomiendan la elaboración de programas que recaben información biológica y conductual sobre la avifauna migratoria y residente para instrumentar medidas preventivas. Generalmente, los programas planean el establecimiento de puntos de observación y radares, estudios de telemetría, detectores ultrasónicos con grabaciones, monitoreo acústico, luces ultravioleta y cámaras de video digital para determinar con precisión las zonas de nidificación, trayectorias, alturas, temporadas y horas pico de vuelo, que incluye la posibilidad de detener los aerogeneradores cuando las aves vuelen dentro del

área del barido del rotor.

Aunque las medidas sean necesarias y puedan llegar a ser eficaces, el asunto central, y que sigue sin respuesta, es que la mayoría de los estudios de impacto ambiental no señala cuántas aves han muerto desde la entrada en operación de los Parque Eólicos, ni cómo la presencia de éstos ha afectado el comportamiento de las especies, así como su variabilidad estacional e interanual. Mientras que no exista esta información y no sea dada a conocer al público, las afirmaciones relativas a que no existen daños severos a las aves seguirán careciendo de fundamentos sólidos. De igual manera, los estudios deberían indicar cuál sería el número permitido de ejemplares que puedan ser afectados, considerando que poner en peligro la existencia de cualquier especie es inaceptable.

### ***6.7. Otros Impactos***

Se estima que los parques eólicos pueden afectar las telecomunicaciones mediante la refracción o curvatura de giro de las ondas electromagnéticas producidas por el movimiento de los aerogeneradores. Esto puede interrumpir, obstruir, degradar o limitar el desempeño, la transmisión y recepción de las señales de equipos electrónicos como: televisión, radio, microondas, teléfonos celulares, y radares (National Research Council, 2007:169-170). Aunque estos impactos pueden ser mitigados con la re-orientación de las antenas existentes, el problema para el caso de México es que no se contemplan dentro de los estudios de impacto ambiental. En especial, no se menciona el riesgo de colisión de aeronaves que vuelan a bajas alturas por la interferencia con los radares, o las afectaciones económicas a las empresas en telecomunicaciones y la población local.

Por otro lado, el movimiento de las aspas de los aerogeneradores en condiciones soleadas produce sombras en movimiento sobre el terreno, resultando en cambios en la intensidad de la luz. Este fenómeno, que dura aproximadamente media hora, se denomina parpadeo de la sombra (shadow flicker) y puede llegar a ser una distracción para los conductores e incluso causar accidentes automovilísticos ya que varios de los parques eólicos del Istmo de Tehuantepec se localizan cerca de carreteras (*Ibid*: 161). Este es el principal riesgo, ya que se ha descartado que la frecuencia del parpadeo de la sombra de un aerogenerador, del orden de entre 0.6-1.0Hz, represente un problema de salud ya que sólo las frecuencias por encima de 10 Hz pueden provocar ataques epilépticos.

Aun así, el análisis de este impacto debe incorporarse a los estudios de impacto ambiental porque su intensidad depende de varios factores como: la ubicación de las personas en relación con el aerogenerador; la velocidad y dirección del viento; la variación diurna de la luz del sol; la latitud geográfica del lugar; y la topografía (Ibid: 160).

Otros impactos que no pueden descartarse aunque parezcan remotos son: el riesgo de incendio de aerogeneradores por fallas mecánicas y eléctricas que difícilmente podría ser controlado debido a las grandes alturas a las que están situados los aerogeneradores; y el riesgo de colisión de aspas con aeronaves que vuelan bajo debido a su desprendimiento como resultado de fallas mecánicas (Etherington, 2009:129).

Considerando todos los impactos mencionados, es relevante apuntar que no existe una ley de energía eólica que los regule puntualmente. Esto dificulta la elaboración y aplicación de medidas de mitigación, y por ende, repercute en la solución de los impactos negativos. Ante esto, los estudios de impacto ambiental sugieren apegarse a diferentes reglamentos y leyes generales en materia de conservación y prevención de contaminación del medio ambiente, sin embargo, no se sabe con certeza si el gobierno o las empresas han cumplido cabalmente con las leyes. Esto refleja que en México aún falta mucho por avanzar en la regulación de la energía eólica, lo cual es preocupante, ya que es inaplazable promover el uso de energías renovables para combatir el cambio climático y promover esquemas de justicia social y ambiental.

## 7. Conclusiones

En base en el panorama presentado es evidente que en la actualidad, el uso de energías renovables se ha convertido en una exigencia emergente para gobiernos de varios países en el mundo, tomando especial importancia en países desarrollados. Sin embargo, para países en vías de desarrollo es un tema al cual se le ha dado mucha importancia tratando de tomar medidas acorde a las posibilidades de cada país.

Por otro lado, se demuestra que la industria eléctrica también enfrenta severas limitaciones y retos como la falta de acceso al servicio, la obsolescencia de diversos equipos, sistemas y la necesidad creciente de recursos para atender la demanda adicional que se genera como consecuencia del crecimiento económico y del incremento de usuarios, así como una organización política e industrial

que induzca a ofrecer mejores condiciones de calidad y precio en el abastecimiento de electricidad.

El sector eléctrico mexicano se encuentra atrasado en relación con la revolución tecnológica y comercial que experimentan otros sectores eléctricos en diversas partes del mundo, pues son cada vez más las empresas de electricidad que se transforman de simples suministradoras de insumos en empresas que ofrecen bienes y servicios especializados. En México se ve un énfasis en el impulso hacia una transición energética sustentable, evidente en la reforma y leyes creadas en 2007, que permiten el desarrollo de proyectos con energía renovable. Aun así, el mayor impulso se está manifestando en el sector privado, el cual ya cuenta con proyectos de autoabastecimiento de energía eléctrica que utilizan el potencial eólico del territorio mexicano.

Dentro de los proyectos más destacados del sector privado, se encuentra el de autoabastecimiento por parte de Walmart y el proyecto de desarrollo de Soriana, entre otros, que destacan la importancia del uso de energías renovables para la generación de electricidad.

La supervivencia de mercados públicos juegan un papel en la cultura del mexicano, además de mantener empleos familiares; por tanto, es necesario fomentar su desarrollo y sustentabilidad encaminándolos a la disminución de gastos de energía eléctrica derivados del consumo y necesidades propias de los mercados públicos.

Los supermercados privados como Walmart y/o Soriana se autoabastecen utilizando potencial eólico que bien puede ser aprovechado también por los mercados públicos. Adicionalmente, el medio ambiente exige un rotundo cambio de conciencia en la forma de generar la energía eléctrica, así que la utilización del viento como fuente de generación apoya a la disminución en las emisiones de gases del efecto invernadero, del consumo de energéticos fósiles, entre otros. Sin embargo, uno de los principales problemas para poder lograr que mercados públicos y el medio ambiente cuenten con dichos beneficios es el estado actual de las políticas públicas en México que deberían considerar la mejora continua que responda a las necesidades actuales para la obtención de beneficios de la comunidad y gobierno. Permitiendo así, asimilar los avances tecnológicos alcanzados durante las últimas décadas, generando los mecanismos e incentivos necesarios para garantizar la viabilidad de largo plazo del sector para inducir eficiencia en la prestación de los

distintos servicios que hoy en día provee una industria eléctrica moderna; el propósito de este estudio es el sentar las bases e implicaciones del desarrollo energético en el tema de autoabastecimiento de energía con potencial eólico, así como la evaluación de si es posible o no implantar dicho modelo con las limitaciones expuestas, sin llegar a incidir en la política pública pertinente.

## **Capítulo 2. Características eléctricas y de demanda de cuatro mercados públicos propuestos**

### **1. Introducción**

En este capítulo se ha recopilado información referente al consumo de energía y a la facturación que paga el gobierno a la compañía suministradora, en primera instancia en el año 2000 a Luz y Fuerza del Centro, en 2011 a CFE.

Los mercados presentan una composición de locales que desde 2000 a la fecha no ha tenido un gran cambio según aseguran las misma autoridades responsables de la administración de los mercados, información que es reflejada en los consumos de energía al comparar el año 2000 con el 2011.

El sitio elegido para la generación de energía eléctrica por medio de la construcción de un Parque Eólico, determinará las condiciones de operación del parque, así como la elección del sistema de generación a instalar. Con esta información, será posible determinar los costos de inversión necesarios para la construcción de un Parque Eólico. De igual forma se describirán en este capítulo las adecuaciones necesarias que se les debe realizar a los sistemas eléctricos para cuantificar la energía recibida y suministrada.

### **2. Descripción energética, consumo y costos en los mercados públicos propuestos**

Para el caso de los cuatro mercados propuestos, ninguno de ellos cuenta con subestación eléctrica y además el tipo de tarifa de suministro de energía con el que cuentan estos mercados es la “Tarifa 3”, que es un “Servicio General para más de 25kW de demanda”. Toda la información recopilada fue proporcionada por el “Fideicomiso para el Ahorro de energía (FIDE)”.

### **2.1. Mercado Gabriel Hernández**

Este mercado se encuentra conformado por un salón de actos, sanitarios, una bodega, una guardería, una oficina para la administración y 215 locales de los cuales: 14 son carnicerías, 10 pollerías, 2 de reparación de electrodomésticos, 17 regalos, 21 boneterías, 1 café-internet, 1 papelería, 20 abarrotes, 2 de maquinas de video juegos, 5 floristerías, 4 acuarios, 64 verdulerías, 35 de comida, 1 tortillería, 2 rosticerías, 13 pescaderías y solo 3 están desocupados actualmente. En la Ilustración 2 se muestra la fachada del mercado mencionado.



**Ilustración 2 Mercado Gabriel Hernández, ubicado en calle Centenario, Santiago Atzacoalco, delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07040 Ciudad de México 2012**

**Por parte del mercado Gabriel Hernández, se cuenta con la información referente a la carga eléctrica y la facturación del año 2000, así como del año 2011; datos que son mostrados en la**

**Tabla 5 y en la**

Tabla 6.

**Tabla 5 Consumos y costos de facturación de la energía eléctrica del mercado Gabriel Hernández en el año 2000.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía (FIDE)

Mercado Gabriel Hernández 2000			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2000	29,040	64,991.00
Febrero	2000	28,740	66,472.00
Marzo	2000	30,540	70,829.00
Abril	2000	29,280	70,911.00
Mayo	2000	30,540	31,981.00
Junio	2000	29,700	73,817.00
Julio	2000	32,340	79,974.00
Agosto	2000	29,280	74,501.00
Septiembre	2000	32,220	78,662.00
Octubre	2000	29,100	71,643.00
Noviembre	2000	27,180	68,268.00

Diciembre	2000	28,680	71,981.00
-----------	------	--------	-----------

**Tabla 6 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Gabriel Hernández en el año 2011.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía (FIDE)

Mercado Gabriel Hernández 2011			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2011	29,040	64,991.00
Febrero	2011	28,740	66,472.00
Marzo	2011	30,540	70,829.00
Abril	2011	29,280	70,911.00
Mayo	2011	30,540	71,981.00
Junio	2011	29,700	73,817.00
Julio	2011	32,340	79,974.00
Agosto	2011	29,280	74,501.00
Septiembre	2011	32,220	78,662.00
Octubre	2011	29,100	71,643.00

Noviembre	2011	27,180	68,268.00
Diciembre	2011	28,680	71,981.00

## 2.2. Mercado Martín Carrera

Se encuentra conformado por 12 carnicerías, 7 pollerías, 4 pescaderías, 3 taquerías, 2 peleterías, 1 tienda naturista, 2 papelerías, 19 tiendas de ropa, 3 farmacias, 1 reparación de aparatos electrodomésticos, 11 cremerías, 18 tiendas de abarrotes, 2 locales donde preparan licuados, 3 locales de mariscos, 4 tiendas de telas, 1 sastrería, 3 locales de venta de cockteles (fruta), 3 locales donde vende chiles secos, 20 verdulerías, 6 cocinas, 5 tiendas de regalos, 1 acuario, baños, 4 floristerías, 2 rosticerías, 1 cibercafé, 1 local con videojuegos y 1 guardería. Son 143 locales ocupados actualmente de un total de 241. En la Ilustración 3 se muestra la fachada del mercado mencionado.



Ilustración 3 Mercado Martín Carrera ubicado en la calle José Joaquín Herrera esquina con calle Vicente Guerrero, colonia Martín Carrera, delegación Gustavo A. Madero, CP 07070, Ciudad de México 2012.

En la Tabla 7 y en la Tabla 8 se observan los consumos y costos facturados de la energía eléctrica los años 2000 y 2011 respectivamente.

**Tabla 7 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Martín Carrera en el año 2000.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE)

Mercado Martín Carrera 2000			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2000	38,280	44,294.00
Febrero	2000	32,340	36,837.00
Marzo	2000	32,400	37,988.00
Abril	2000	35,760	41,706.00
Mayo	2000	34,440	40,376.00
Junio	2000	32,220	38,371.00
Julio	2000	36,180	41,370.00
Agosto	2000	33,120	39,612.00
Septiembre	2000	34,080	41,161.00
Octubre	2000	32,040	38,649.00
Noviembre	2000	31,740	38,201.00
Diciembre	2000	35,400	42,081.00

**Tabla 8 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Martín Carrera en el año 2011.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE)

Mercado Martín Carrera 2011			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2011	24,660	68,014.00
Febrero	2011	32,460	83,883.00
Marzo	2011	35,160	90,923.00
Abril	2011	31,860	84,669.00
Mayo	2011	32,820	91,491.00
Junio	2011	33,060	93,437.00
Julio	2011	37,080	103,734.00
Agosto	2011	34,440	96,102.00
Septiembre	2011	37,020	104,182.00
Octubre	2011	31,860	92,469.00
Noviembre	2011	31,800	93,252.00
Diciembre	2011	38,280	110,451.00

### 2.3. Mercado público Panamericana

Se encuentra conformado por un área de administración, sanitarios, una bodega, 430 locales de los cuales son: carnicerías, pollerías, reparación de electrodomésticos, regalos, boneterías, café-internet, papelería, abarrotes, maquinas de video juegos, florerías, acuarios, verdulerías, comercios de comida, tortillería, rosticerías, pescaderías, estéticas, jugos y abarrotes. En la Ilustración 4 se muestra la fachada del mercado mencionado.



**Ilustración 4 Mercado Panamericana, ubicado en Norte No.9, Col. Panamericana, delegación Gustavo A. Madero, Ciudad de México 2012.**

En la Tabla 9 y en la

Tabla 10 se observan los consumos y costos facturados de la energía eléctrica los años 2000 y 2011 respectivamente.

**Tabla 9 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Panamericana en el año 2000.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE)

Mercado Panamericana 2000			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2000	56,100	62,593.00
Febrero	2000	46,900	52,334.00
Marzo	2000	48,800	55,245.00

Abril	2000	53,600	60,416.00
Mayo	2000	51,100	58,772.00
Junio	2000	49,900	57,613.00
Julio	2000	55,300	64,918.00
Agosto	2000	52,200	61,019.00
Septiembre	2000	53,800	64,557.00
Octubre	2000	48,900	58,598.00
Noviembre	2000	60,800	89,851.00
Diciembre	2000	48,400	58,950.00

**Tabla 10 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Panamericana en el año 2011.**

**Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE)**

Mercado Panamericana 2011			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2011	53,120	105,226.00
Febrero	2011	40,720	97,787.00
Marzo	2011	52,640	129,036.00
Abril	2011	61,360	149,412.00
Mayo	2011	49,520	114,675.00
Junio	2011	54,560	144,150.00

Julio	2011	64,240	163,340.00
Agosto	2011	49,440	133,690.00
Septiembre	2011	51,840	136,680.00
Octubre	2011	49,520	137,247.00
Noviembre	2011	48,480	129,477.00
Diciembre	2011	53,360	141,713.00

#### **2.4. Mercado Progreso Nacional**

Se encuentra conformado por 290 locales de los cuales: 20 son carnicerías, 5 pollerías, 5 pescaderías, 15 verdulerías, 1 acuario, 3 venta de flores, 15 venta de comida, 14 fondas de comida, 10 cremerías, 50 dedicados a la venta de textiles, el resto en productos varios que no requieren más que de iluminación. En la Ilustración 5 se muestra la fachada del mercado mencionado.



**Ilustración 5 Mercado Progreso Nacional ubicado en Calle 28 y Calle 12, Delegación Gustavo A. Madero C.P. 07600 Ciudad de México 2012.**

En la Tabla 11 y en la Tabla 12 se observan los consumos y costos facturados de la energía eléctrica los años 2000 y 2011 respectivamente.

**Tabla 11 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Progreso Nacional en el año 2000.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE)

Mercado Progreso Nacional 2000			
Mes	año	consumo kWh	importe \$
Enero	2000	51,180	53,164.00
Febrero	2000	13,140	21,135.00
Marzo	2000	2,160	13,778.00
Abril	2000	2,220	4,589.00
Mayo	2000	4,680	8,359.00
Junio	2000	1,800	3,913.00
Julio	2000	92,100	149,169.00
Agosto	2000	34,980	41,484.00
Septiembre	2000	44,460	51,463.00
Octubre	2000	38,520	42,261.00
Noviembre	2011	35,760	40,904.00
Diciembre	2011	44,160	50,092.00

**Tabla 12 En la tabla se observa el consumo de energía eléctrica del mercado Progreso Nacional en el año 2011.**

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE)

Mercado Progreso Nacional 2011			
Mes	año	consumo kwh	importe \$
Enero	2011	20,640	46,904.00
Febrero	2011	20,340	48,413.00
Marzo	2011	20,400	49,937.00
Abril	2011	24,000	57,961.00
Mayo	2011	21,960	53,775.00
Junio	2011	20,880	54,144.00
Julio	2011	20,400	53,147.00
Agosto	2011	22,980	58,577.00
Septiembre	2011	25,380	63,158.00
Octubre	2011	20,280	54,588.00
Noviembre	2011	20,100	53,267.00
Diciembre	2011	21,480	57,335.00

### 3. Cálculo de consumo eléctrico de los mercados públicos

En la Tabla 13 se pueden observar los datos de consumo promedio por mes y el costo de facturación de la energía eléctrica del año 2000 y 2011 en los mercados públicos considerados.

Tabla 13 Consumos promedio mensuales y costos de facturado de los años 2000 y 2011.

Mercado	2000	2011	2000	2011	Importe 2000 - 2011	
	Consumo kWh	Consumo kWh	importe	Importe	Diferencia	Diferencia
Gabriel Hernández	25,315	29,720	\$355,852.00	\$824,030.00	\$468,178.00	231.57%
Martín carrera	34,000	33,375	\$480,646.00	\$1,112,607.00	\$631,961.00	231.48%
Panamericana	52,150	52,400	\$744,866.00	\$1,582,433.00	\$837,567.00	212.45%
Progreso Nacional	30,430	21,570	\$480,311.00	\$651,206.00	\$170,895.00	135.58%
TOTAL	141,895	137,065	\$2,061,675.00	\$4,170,276.00	\$2,108,601.00	202.28%

#### 4. Cálculo de la capacidad eléctrica total de los mercados públicos

La capacidad que debe de producir el aerogenerador considerando un factor de disponibilidad del 100 % será determinada por medio de los factores de la Fórmula 1, en la que se toma en cuenta el consumo promedio mensual registrado en el año más reciente:

##### Fórmula 1 Capacidad eléctrica.

$$C = (P * F_p * \text{Horas por día} * \text{Días por mes}) [\text{kW/h}]$$

En donde:

C = capacidad [kW/h]

P = potencia [kW]

F<sub>p</sub> = factor de planta = 25 % <sup>4</sup>

Horas por día = 24 [Horas]

Días por mes = 30 [Días]

<sup>4</sup> Factor de planta por el sitio seleccionado.

Revista: Energía a debate, artículo escrito por el Ing. Omar Guillen, año 2010, pág. 6-11.

Por lo tanto:

$$P = \frac{c}{fp * horasdia * diasmes} [kW]$$

$$P = \frac{137.065}{0.25 * 24 * 30} [kW]$$

$$P = 761 [kW]$$

Por consiguiente, la potencia mínima necesaria del aerogenerador es de 761 kW.

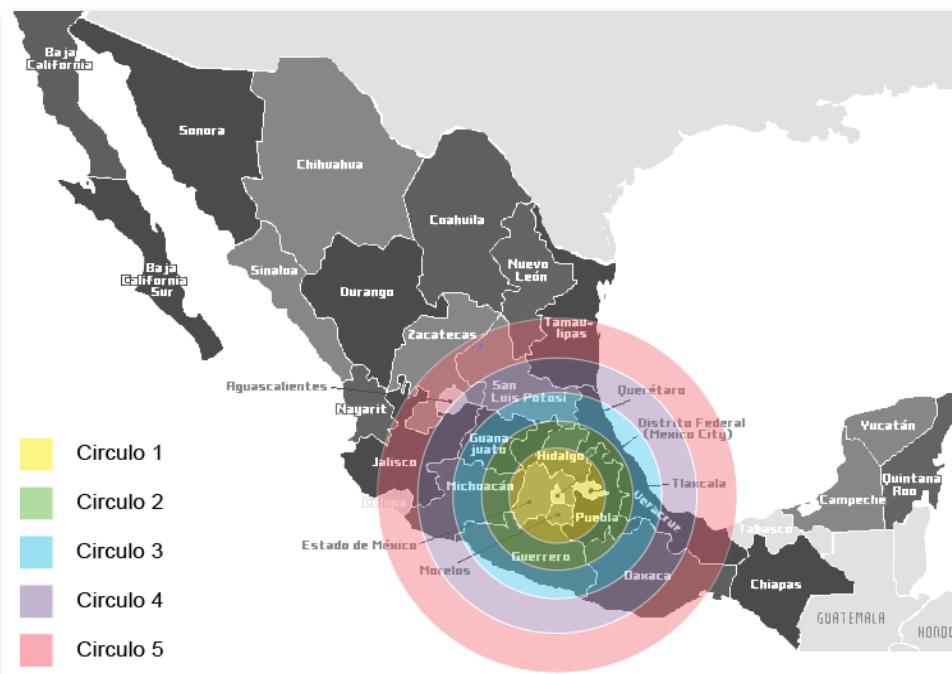
## 5. Características del sitio seleccionado

### 5.1. Sitio seleccionado

Los mercados públicos que son contemplados en este estudio para su autoabastecimiento utilizando energía eólica, se encuentran ubicados en la Gustavo a Madero, mientras que las zonas con potencial eólico se ubican en otros sitios. El Parque Eólico propuesto debe tener la opción de interconexión a la red eléctrica de CFE para realizar la transmisión de la misma a los mercados públicos mencionados. Para la contratación del servicio a CFE se le debe pagar un costo denominado “costo por servicio de transmisión”. La red de suministro eléctrico de CFE está conformada por torres, líneas de transmisión y subestaciones, apoyados por equipos de protección, comunicaciones y control. En caso de que la infraestructura de transmisión no se encuentren construida es necesario que la CRE, la CFE y la SENER lleven a cabo una Temporada Abierta (TA) para determinar la capacidad de transmisión que los desarrolladores privados estarían dispuestos a reservar bajo bases firmes e irrevocables, con objeto de contar con los elementos necesarios para justificar la autorización de los recursos necesarios para la instalación de dicha infraestructura.

Por otro lado, el sitio elegido para la generación de energía se debe encontrar ubicado lo más cercano posible a las instalaciones de los mercados a suministrar, ya que existe un costo realizado

por CFE por el transporte de la energía desde el sitio de generación hasta el sitio de consumo. Solo en el caso de que el Parque Eólico se ubique dentro de las instalaciones de los mismos mercados, se puede evitar el monto por concepto de porteo de la energía eléctrica. Dicho costo del transporte de la energía eléctrica desde la zona de generación hasta el sitio de consumo va en aumento dependiendo de la distancia entre estos sitios, CFE se reserva los costos dependiendo del proyecto que se someta a su evaluación para considerar su factibilidad como proyecto eólico. En la Ilustración 6 se puede observar un mapa de México en el que se colocan alrededor del punto inicial que serían los mercados públicos, círculos concéntricos que dan una idea de la cercanía de los sitios posibles para la construcción del Parque Eólico. La distancia exacta entre un posible punto de generación y otro no se tiene con exactitud, ya que depende de la infraestructura construida en términos de líneas de transmisión con las que cuenta CFE. Para obtener dicha información así como algunos otros datos sería necesario someter a evaluación de factibilidad de interconexión ante CFE cada uno de los proyectos de Parque Eólico, tramitar en la CRE el permiso de generación entre otros trámites necesarios mencionados en el capítulo 1 en el apartado de “Marco regulatorio para el auto abastecimiento eléctrico con energías renovables”.



**Ilustración 6 Mapa de México en el que se puede apreciar que estados de la república tienen mayor cercanía con el Distrito Federal (mercados seleccionados).**

Tomando en consideración los sitios posibles con potencial eólico para la generación de energía eléctrica, se consideran los siguientes sitios como candidatos para la ubicación del Parque Eólico:

- Milpa Alta
- Valle de México
- Pachuca
- Oaxaca

Este último registra la mayor concentración de potencial eólico en el país, mientras que el Valle de México, es el sitio más cercano al distrito federal que cuenta con dicho potencial. Por otro lado en una área aledaña al Valle de México, que se encuentra ubicada en las inmediaciones de las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta, en una meseta adyacente a la carretera Xochimilco-Oaxtepec, siendo la población más cercana la de Santa Ana Tlacetenco, se encontró un sitio con potencial eólico suficiente para la instalación de un parque de vientos moderados.

En esta última zona, se observa un potencial eólico aprovechable del orden de los 6 a 7 m/s; a 80 m de altura sobre el terreno. Dichos terrenos deben encontrarse libres de vandalismo, en regla, avalados por las autoridades pertinentes y con factibilidad de interconexión a la red eléctrica local.

Para el caso del sitio considerado en Milpa Alta, se tiene evidencia del paso de la infraestructura de transmisión de la CFE, con lo que la probabilidad de que CFE apruebe el estudio de factibilidad es mayor, ligado a ello se determina el arreglo en línea para el caso de los tres aerogeneradores de 850KW en la dirección del viento dominante. Como norma general la separación adyacente (horizontalmente) entre aerogeneradores en un Parque Eólico es de 5 a 9 veces el diámetro del rotor y de 3 a 5 veces el diámetro del rotor en la dirección perpendicular a los vientos dominantes, parámetros establecidos dentro de la Asociación Danesa de la industria eólica conocida como Windpower.

En la Ilustración 7 se ha situado una fila de tres turbinas siguiendo un modelo típico. Las turbinas están separadas 5 diámetros en la dirección horizontal y 3 diámetros en la dirección perpendicular,

con ello se establece que se necesita para este estudio un área aproximada de terreno de 11 hectáreas.

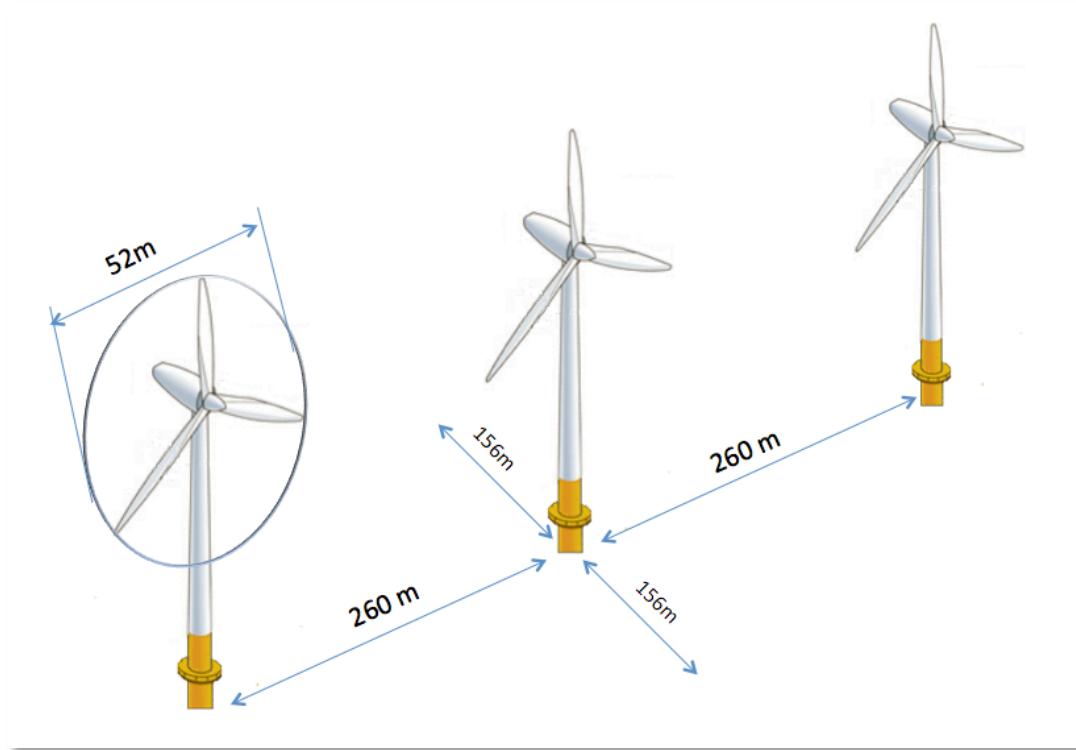


Ilustración 7 Distribución de los aerogeneradores en el terreno seleccionado.

Un dato a considerar para la elección del sitio es que se deben invertir recursos económicos al estudio del potencial anemométrico del sitio elegido, dicho estudio si es que se realiza de forma adecuada, determinará el verdadero potencial del sitio. Generalmente se realizan mediciones anemométricas que aportan los indicadores descriptivos del sitio para estimar su potencial de generación eléctrica. Con ayuda de análisis estadísticos y el uso de equipos especializados es posible el procesamiento de la información recolectada en campo, de cuando menos un año, para conocer el ciclo estacional del viento en la zona. En el documento con nombre “Análisis Estadístico de Mediciones de la Velocidad del Viento Utilizando la Técnica de Valores Desviados”, presentado en el Simposio de Metrología 2008 en Santiago de Querétaro se detalla el análisis realizado a las

mediciones de la velocidad del viento generadas en el Istmo de Tehuantepec. Se compararon las curvas de probabilidad que resultaron de los histogramas, antes y después de la aplicación de la técnica. Se apreció un mejor ajuste de las curvas una vez tratados los datos, así como la disminución de los errores estadísticos en el análisis cuantitativo. Lo anterior representa la posibilidad de mejorar la planeación energética de la planta propuesta en sitio a través del cálculo de los volúmenes de energía con mayor precisión.

Posteriormente, si el primer año de mediciones resulta prometedor, la torre debe seguir midiendo el viento cuando menos otros dos años, debido a que los datos son un requerimiento primordial para los mercados elegidos en este estudio. Mientras más años de información anemométrica se aporte, más valorado es un sitio con potencial.

Para el caso particular de este trabajo, se toma en cuenta los estudios ya realizados por CFE en la zona de Milpa Alta y se hace uso de los datos proporcionados por ellos.

Entonces, en el primer año se obtendrán los indicadores principales del sitio que normalmente son procesados mediante modelación estadística. Posteriormente, se tienen los elementos para efectuar un estudio de “micro-ubicación” de máquinas en el espacio, con base en los indicadores calculados, la topografía del sitio, y datos sobre temperatura y altitud.

En una siguiente etapa, se tienen los elementos para efectuar el estudio de factibilidad del Parque Eólico, el cual valorará todos los elementos en el ámbito técnico-económico para dar soporte al proyecto. Se incluye también la ingeniería básica del proyecto, correspondiente a suministros y construcción del Parque Eólico, línea de transmisión y subestación eléctrica.

Se hará énfasis en los dos principales indicadores de factibilidad en esta etapa. En el ámbito meramente técnico, el factor de planta, el cual describe el cociente entre la energía verdaderamente generada en un periodo con respecto a la capacidad a plena carga del parque en ese mismo periodo. En la parte económica, al costo nivelado de generación, el cual es un indicador del costo de la energía a lo largo de la vida útil del parque, comparable directamente con las tarifas de la CFE.

Posteriormente, se efectuará el estudio de factibilidad de la instalación de generadores eólicos, donde adicionalmente a lo anterior, se hablará de corridas financieras, instancias potenciales de financiamiento, características de los mercados públicos y retorno de la inversión.

## 6. Porteo

El porteo es un esquema de autoabastecimiento de energía eléctrica utilizando los servicios de transmisión de CFE. Dentro de las gestiones para generar electricidad, se debe solicitar ante CFE un estudio de factibilidad de interconexión y un estudio de porteo, después la CRE estipula que por el hecho de utilizar una fuente de energía renovable, se deben llevar acabo los contratos y convenios correspondientes:

- Contrato de interconexión para fuentes de energía renovable.
- Convenio de servicio de transmisión (Porteo).

En el Anexo C se puede consultar el contrato y convenio que se deben llevar acabo para esté fin. Por último, una vez solicitado el trámite del contrato de interconexión y en su caso el convenio de servicios de transmisión, el Solicitante se coordinara con el Suministrador para la elaboración de los anexos asociados al Contrato de Interconexión en los casos que aplique y en los formatos que le sean proporcionados.

## 7. Propuestas de sistema de generación

Para la selección del aerogenerador se tomó en cuenta la suma de la capacidad de los cuatro mercados en estudio, para este caso en particular tenemos capacidad de 761 kW obtenido en el apartado de “Cálculo de la capacidad eléctrica total de los mercados públicos” de este capítulo. De acuerdo al sitio seleccionado se tiene una velocidad promedio de 7 m/s. Con dichos requerimientos se eligieron dos tipos de aerogeneradores como se muestran en la Ilustración 8 y en la Ilustración 9 para condiciones de viento moderado; la primera es la turbina marca SIEMENS, Modelo SWT-

2.3-101 con capacidad de 2.3MW que está diseñada especialmente para zonas con condiciones de viento moderado tipo Clase III (IEC<sup>5</sup>-6400) y el segundo es la turbina marca Gamesa, Modelo G5X con capacidad de 850 kW.

---

<sup>5</sup> Acrónimo en idioma Inglés de la Comisión Electrónica Internacional, siendo el grupo de normas 61400 el correspondiente a tecnología de aerogeneradores.



**Ilustración 8 Turbina SIEMENS de 2.3 MW, destinado a zonas con vientos medios y bajos, equipada con las nuevas palas Siemens B49 de 49 metros de longitud y que permite obtener una de las mejores eficiencias del mercado.**

Fuente: [http://www.energy.siemens.com/mx/pool/hq/power-generation/wind-power/SWT-2%203-101\\_brochure\\_EN\\_022012.pdf](http://www.energy.siemens.com/mx/pool/hq/power-generation/wind-power/SWT-2%203-101_brochure_EN_022012.pdf)



**Ilustración 9 Turbina Gamesa de 850 kW; Gamesa es una empresa especializada en energía sustentable en el mundo.**

Fuente: <http://www.gamesacorp.com/es/productos-servicios/g5x850kw.html>

Para el caso de la turbina SIEMENS de 2.3 MW se sabe que ofrece bajos costos de producción energética, cuenta con una disponibilidad que ha demostrado ser una de las más altas de la industria. El rotor de 101 metros está diseñado específicamente para optimizar la entrega de energía en zonas con condiciones de viento moderadas. La turbina esta diseñada para ser

duradera con un diseño robusto y fiable ofreciendo un elevado rendimiento con bajos costos de mantenimiento. La turbina se ve respaldada por controles avanzados de monitorización y diagnóstico que examinan las condiciones de la turbina continuamente.

La tecnología de las palas de dicha turbina permite un funcionamiento más silencioso; la pala B49, tiene un diámetro de rotor de 101 metros y regulación de paso, optimiza la salida de potencia y aumenta su control.

En

Tabla 14 se muestran las características de los aerogeneradores seleccionados.

**Tabla 14 Características de los aerogeneradores seleccionados**

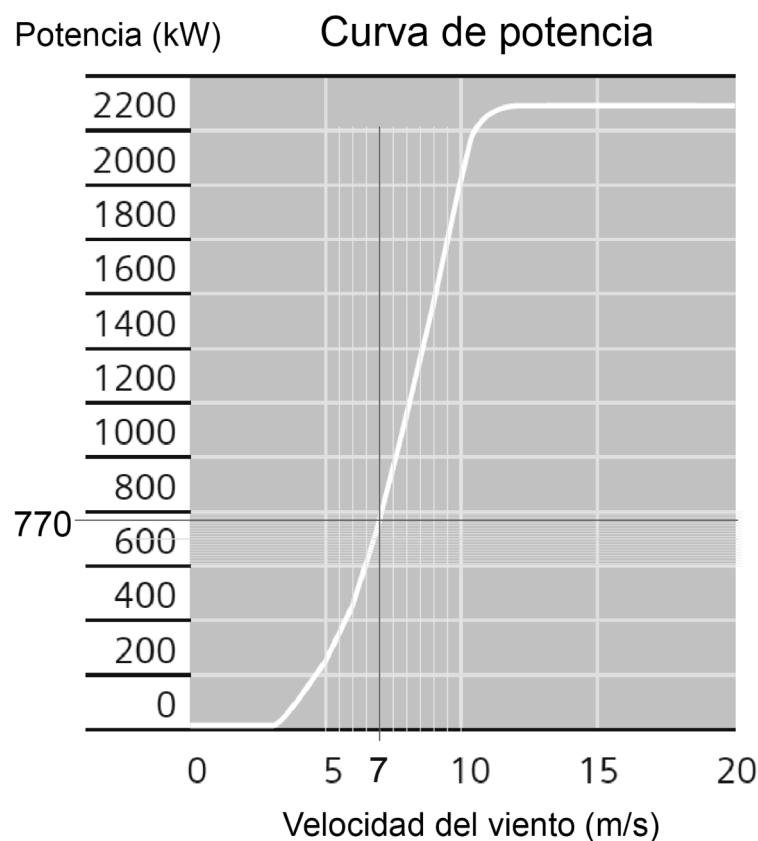
Característica/Modelo	Siemens SWT-2.3-93	Gamesa G5X-850 kW
Conexión a red.	Si	Si
Área de barrido	6.8 m <sup>2</sup>	2.642 m <sup>2</sup>
Velocidad de giro	6-16 rpm	19,44 - 30,8 rpm
Número de palas	3	3
Longitud de palas	49 m	25.3 m
Frenado	Hidráulico de disco	Hidráulico de disco
Generador	Asíncrono	Asíncrono
Potencia unitaria.	2.3 MW	850 KW
Tensión	690 V AC	690 V AC
Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz
Factor de potencia	0.95	0.95
Altura de la torre.	80 a 101 m	44 a 74 m
Tipo de torre.	Cónica tubular	Tubular troncocónica de acero.
Protección contra descargas atmosféricas	Si	Si

Velocidad de viento de conexión	4 m/s	3 m/s
Velocidad nominal	13-14 m/s	12-13 m/s
Velocidad de desconexión	25 m/s	25 m/s

### **Curva de potencia de las turbinas.**

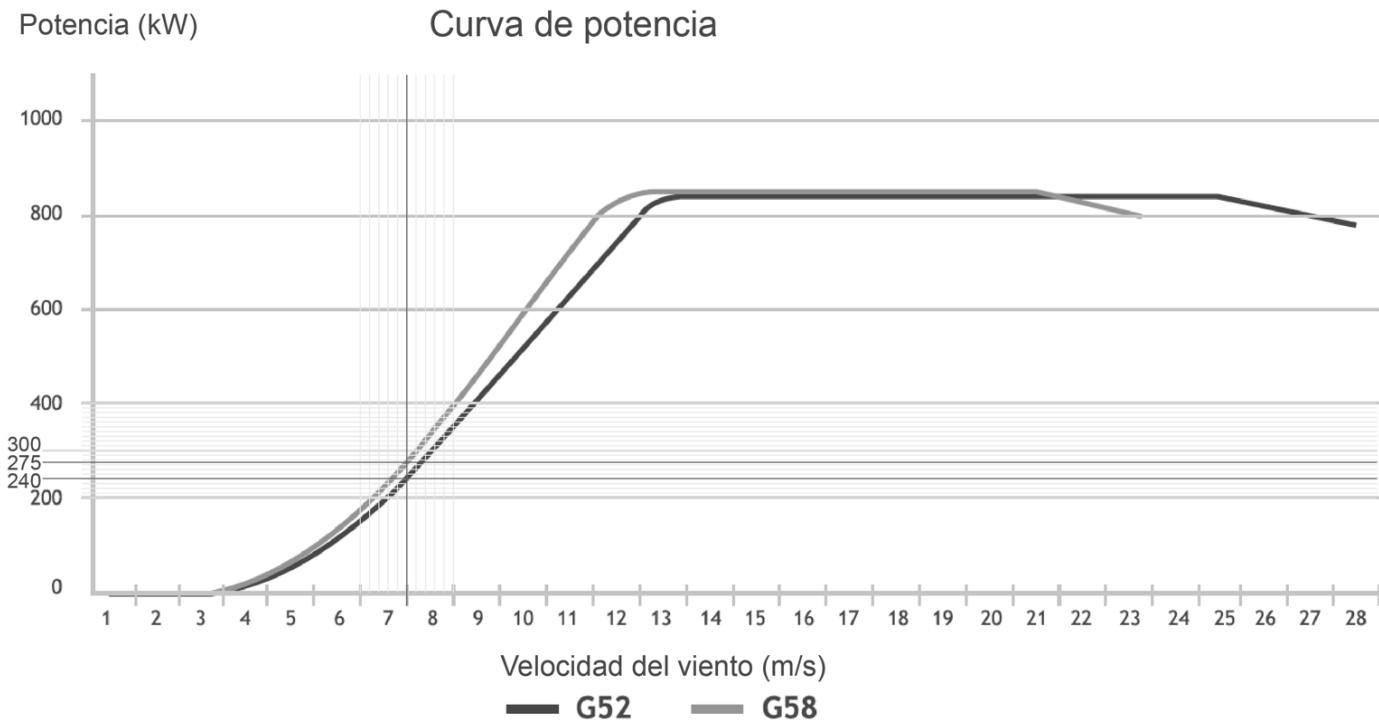
Los datos de las curvas de potencia calculadas son válidos para condiciones estándar aproximadas de 15° Celsius de temperatura del aire, 1.013 mBar de presión atmosférica y 1,225 kg/m<sup>3</sup> de densidad del aire, palas del rotor limpias, y flujo de aire horizontal y sin perturbaciones.

En la Gráfica 6 y Gráfica 7 se pueden observar las características de las turbinas SIEMENS y Gamesa respectivamente.



**Gráfica 6 Curva de potencia para la turbina Siemens SWT-2.3-101.**

Fuente: [http://www.energy.siemens.com/mx/pool/hq/power-generation/wind-power/SWT-2%203-101\\_brochure\\_EN\\_022012.pdf](http://www.energy.siemens.com/mx/pool/hq/power-generation/wind-power/SWT-2%203-101_brochure_EN_022012.pdf)



Gráfica 7 Curva de potencia para la turbina Gamesa de 850 kW.

Fuente: <http://www.gamesacorp.com/es/productos-servicios/g5x850kw.html>

De acuerdo a las curvas de potencia de las turbinas, se puede observar que estas satisfacen el consumo actual necesario para los 4 mercados públicos en estudio, en la Tabla 15 se pueden observar los datos de operación de los aerogeneradores mencionados.

Tabla 15 Datos de operación de los aerogeneradores propuestos

Propuesta de Parque Eólico	Con turbina eólica de Siemens SWT-2.3-100	Con turbina eólica de Gamesa G5X-850
Velocidad del viento promedio anual	7 m/s	7 m/s
Capacidad demandada neta	0.76 MW	0.76 MW
Potencia de la turbina	2.3 MW	850 KW
Turbinas necesarias	1 unidad	3 unidades

Factor de capacidad	25 %	25 %
Capacidad generada	0.77MW	0.825 MW
Excedente de energía	0.01 MW	0.064 MW

Fuente: Fichas técnicas del fabricante.

### **7.1. Criterios y cálculos del proyecto de la instalación eléctrica.**

Consideramos que el proyecto esta formado por los siguientes aspectos:

- Generación eléctrica por equipos generadores de 850 kW, tensión de 490 V, 3F-4H, 60 Hz.
- Suministro en media tensión por transformadores elevadores en 23 kV, para interconectarse a interruptores en SF6 del tablero de Ormazabal.
- Alimentación en baja tensión en 220/127 V, 3F-4H, 60 Hz, para alumbrado y contactos (servicios propios) de la subestación.
- Los conductores utilizados en Baja Tensión en la parte de generación serán de **cobre** con aislamiento propileno “RHH XLPE” a 90 °C.
- Los conductores utilizados son XLP a 90 °C, 23 kV en media tensión.
- La caída de tensión máxima es al 5%.
- Para los cálculos y desarrollo de este tipo proyecto se utiliza la NOM-001-SEDE-2005 de Instalaciones eléctricas (utilización).

Para el cálculo de la corriente nominal se utiliza la Fórmula 2.

#### **Fórmula 2 Calculo de la Corriente Nominal**

$$I_n = \frac{W}{(V_f - f\sqrt{3} \cos\theta)}$$

(Sistema 3 Fase - 4 Hilos)

donde:

$I_n$  = corriente nominal Amperes

$W$  = carga en Watts

$V_{f-f}$  = Voltaje fase-fase = 690V

$\cos\theta$  = Factor de potencia 0.95 (dato especificado por el fabricante)

Para obtener la corriente del interruptor se usa la Fórmula 3.

### Fórmula 3 Corriente del interruptor

$$I_{int} = I_n \times 1.25 \text{ (para cargas continuas)}$$

Donde:

$I_{int}$  = Corriente del interruptor

Para conocer la caída de tensión, se utiliza la Fórmula 4.

### Fórmula 4 Caída de tensión

$$e\% = \frac{\sqrt{3} I_n L \times 100 \times [(R \cos\theta) + (X \sin\theta)]}{V_{f-f} \times 1000} \quad \text{Circuitos Trifásicos}$$

$$e\% = \frac{2x I_n x L \times 100 \times [(R \cos\theta) + (X \sin\theta)]}{V_{f-n} \times 1000} \quad \text{Circuitos Monofásicos}$$

donde:

$e\%$  = Caída de tensión = 5% total

$I_n$  = Corriente nominal en Amperes

$L$  = Longitud en Metros

$V_{f-f}$  = Voltaje fase-fase = 690 V

$V_{f-n}$  = Voltaje fase-neutro = 127 V

$R$  = Resistencia en ohms

$X$  = Reactancia en ohms

Para conocer el calibre del conductor que conecta al generador de 850 kW con el transformador de 1000 kva se considera lo siguiente:

I= Corriente (Amperes).

Ic= Corriente corregida.

F.d.= Factor de demanda.

S= Sección de conductor mm<sup>2</sup>

kVA= Carga en Kilo-volts-amperes.

kW= Carga en Kilowatts.

Z= Impedancia del conductor Ω/km

Datos. Carga del generador= 850 kW.

Sistema = 3F-4H.

Voltaje = 690V.

e%max.= 2.0

Long. = 40.0 m

f.P = 0.95 Dato de fabricante.

f.d = 1.0

Desarrollo:

$$In = \frac{850 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 0.95 \times 690} = 748.66 [A]$$

Para la protección del generador, se considera como carga continua, donde se calcula como lo indica la NOM-001-SEDE-2005 de Instalaciones eléctricas (utilización) en su subsección 220-3(a).

$I_{int}$  = Corriente del interruptor

$$I_{int} = 1.25 \times In$$

$$I_{int} = 1.25 \times 748.66 = 935.82 A$$

No existe interruptor de capacidad comercial del amperaje determinado, por lo tanto se determina que se utilizará el interruptor inmediato que cubra el amperaje requerido, esto es un Interruptor de 3P-1000 A.

En base a que la capacidad del interruptor es mayor a 800[A] de la NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización) en la subsección 240-3(c), nos pide que la capacidad de conducción de corriente de los conductores que protege debe ser igual o mayor que la capacidad nominal del dispositivo.

Se enunció que el conductor será de cobre con aislamiento RHH XLPE a 90 [°C], será soportado en charola tipo escalera en arreglo cuadrado o trébol, por lo tanto, de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización) en la subsección 318-11(b)(4), nos pide que el conductor ocupe la capacidad de corriente se indicada en la Tabla A-310-2 de la NOM-001-SEDE-2005, véase Tabla 16.

Si escogemos un conductor de calibre 1/0 AWG, se tendría una capacidad de conducción de corriente de 214 [A], por lo tanto se necesitan 5 conductores por fase.

Corriente total por los 5 conductores =  $214 \times 5 = 1070$  A

**Tabla 16 Capacidad de conducción de corriente permisible en 2 o 3 conductores sencillos aislados de 0 a 2000 V nominales en un cable soportado por un mensajero para una temperatura ambiente de 40° C, Fuente: Tabla A-310-2 de la NOM-001-SEDE-2005.**

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase la Tabla 310-13 de la NOM-001-SEDE-2005)			
		75 °C	90 °C	75 °C	90 °C
<b>mm<sup>2</sup></b>	AWG o kcmils	Tipos RH, RHW, THHW, THW,	Tipos THHN, THHW, THHW-LS THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, USE-2, XHHW, XHHW-2	Tipos RH, RHW, XHHW, BM- AL	Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2,
<b>mm<sup>2</sup></b>	AWG o kcmils	THW-LS, THW-LS,			
<b>mm<sup>2</sup></b>	AWG o kcmils	THWN, XHHW			
		Cobre	Cobre	Aluminio	Aluminio
<b>8,37</b>	8	57	66	--	--
<b>13,3</b>	6	76	89	59	69
<b>21,2</b>	4	101	117	78	91
<b>26,7</b>	3	118	138	92	107
<b>33,6</b>	2	135	158	106	123
<b>42,4</b>	1	158	185	123	144
<b>53,5</b>	1/0	183	214	143	167
<b>67,4</b>	2/0	212	247	165	193
<b>85,0</b>	3/0	245	287	192	224
<b>107</b>	4/0	287	335	224	262
<b>127</b>	250	320	374	251	292
<b>152</b>	300	359	419	282	328
<b>177</b>	350	397	464	312	364
<b>203</b>	400	430	503	339	395
<b>253</b>	500	496	580	392	458

<b>304</b>	600	553	647	440	514
<b>355</b>	700	610	714	488	570
<b>380</b>	750	638	747	512	598
<b>405</b>	800	660	773	532	622
<b>456</b>	900	704	826	572	669
<b>507</b>	1,000	748	879	612	716

Por lo tanto, el arreglo de conductores cumple con la capacidad de corriente y cumple con la norma eléctrica mexicana.

Para el conductor de puesta a tierra y de acuerdo con el artículo 250-95 de la norma mencionada, el calibre del conductor de puesta a tierra es de 4/0 AWG desnudo de cobre. En el caso del cableado se tienen 15 conductores – 2/0 AWG (5 por fase, 5 Neutros).

De acuerdo con el artículo 318-11 de la NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización), inciso 4 “Cuando se instalen cables monoconductores en configuración triangular o cuadrada en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, guardando una separación entre circuitos no inferior a 2,15 veces el diámetro exterior de un conductor ( $2,15 \times DE$ ), de cables de  $21,2 \text{ mm}^2$  (4 AWG) y mayores no debe superar la capacidad de conducción de corriente permitida de dos o tres cables monoconductores aislados de 0 a 2000 V nominales soportados por un mensajero, como se indica en la Tabla A-310-2 del Apéndice A”. En la Ilustración 10 se puede observar el arreglo sobre el soporte tipo charola propuesto para conexión del generador al transformador.

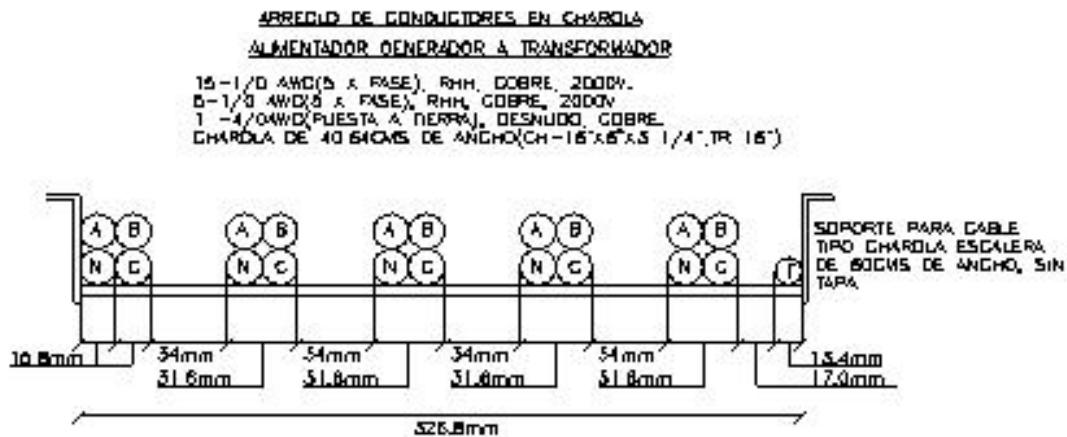


Ilustración 10 Arreglo tipo charola, Fuente: propia.

Ahora para calcular el alimentador del Transformador-1000kVA en el lado secundario de energía media tensión se debe mencionar que se tiene un transformador tipo seco encapsulado de 1000kVA, conexión estrella-delta, 690V/23.0 kV.

Los conductores serán del tipo XLPE a tensión de 23kV, con longitud de 30 m del transformador al interruptor en SF6 ubicado en cuarto de control, El factor de potencia en la carga es de 0.9.

I Se utilizará cable con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLPE, cubierta de policloruro de vinilo (PVC), para 23kV. Con conductor de aluminio, temperatura de operación de 90°C.

II La corriente a transmitir se calcula de la capacidad del transformador de 1000 KVA, y la tensión de servicio de 23.0 kV como sigue.

$$I = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} = \frac{1000}{1.73 \times 23.0} = 25A$$

III Datos de la Instalación:

En charola tipo escalera, al aire, con 3 conductores monoconductores.

Temperatura ambiente = 26 °C

Longitud de la línea = 25 m

Factor de potencia ( $\cos \theta$ ) = 0.9

#### IV Factores de corrección:

Corrección de la corriente. La NOM-001-SEDE-2005, en el apartado 310-60 c), cita:

**“Tablas.** La capacidad de corriente para conductores para tensiones nominales de 2001 V a 35000 V deben ser las que se especifican en las tablas de capacidad de conducción de corriente 310-67 a 310-86 de la NOM-001-SEDE-2005. Las capacidades de corriente a temperaturas diferentes a las tablas deben determinarse por la formula indicada en 310-60 (c)(4).”

Por otra parte, el apartado 310-60 (c)(4) de la NOM-001-SEDE-2005 que dice:

“Temperaturas ambientes distintas a las de las tablas. Las capacidades de conducción de corriente a temperatura ambiente distinta a la de las tablas, se deben calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{TC - TA_2 - \Delta TD}{TC - TA_1 - \Delta TD}}$$

donde:

$I_1$ = Capacidad de conducción de corriente que dan las tablas para una temperatura ambiente  $TA_1$

$I_2$ = Capacidad de conducción de corriente para una temperatura ambiente  $TA_2$

$TC$ = Temperatura del conductor en °C

$TA_1$ = Temperatura ambiente de las tablas en °C

$TA_2$ = Temperatura ambiente deseada en °C

$\Delta TD$ = Aumento de temperatura por pérdidas del dieléctrico

En conductores de hasta 35 kV las pérdidas del dieléctrico pueden ser despreciables. Si escogemos un conductor calibre 1/0 AWG y consideramos los siguientes datos :

$$I_1 = 200 \text{ [A]} \text{ (Ver Tabla 17)}$$

$$TC = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$TA_1 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$TA_2 = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$I_2 = 200 \sqrt{\frac{90 - 20}{90 - 40}}$$

$$I_2 = 226.27 \text{ A}$$

**Tabla 17 Capacidad de conducción de corriente permisible de cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV), al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C Fuente: Tabla 310-70 de la NOM-001-SEDE-2005.**

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 15 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 15 001 V – 35 000 V	
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	90 C	105 C	90 C	105 C	90 C	105 C
13,3	6	85	95	87	97	----	----
21,2	4	115	125	115	130	----	----
33,6	2	150	165	150	170	----	----
42,4	1	175	195	175	195	175	195
53,5	1/0	200	225	200	225	200	225
67,4	2/0	230	260	235	260	230	260
85,0	3/0	270	300	270	300	270	300

<b>107</b>	4/0	310	350	310	350	310	345
<b>127</b>	250	345	385	345	385	345	380
<b>177</b>	350	430	480	430	480	430	475
<b>253</b>	500	545	605	535	600	530	590
<b>380</b>	750	710	790	700	780	685	765
<b>507</b>	1 000	855	950	840	940	825	920
<b>633</b>	1250	980	1095	970	1080	950	1055
<b>760</b>	1500	1105	1230	1085	1215	1060	1180
<b>887</b>	1750	1215	1355	1195	1335	1165	1300
<b>1010</b>	2000	1320	1475	1295	1445	1265	1410

Además, se toma en cuenta el apartado 318-13 (b) (1) de la NOM-001-SEDE-2005 , el cual dice:

“La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables monoconductores de 21,2 mm<sup>2</sup> (4 AWG) y mayores en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, no debe exceder 75% de la capacidad de conducción de corriente permitida de las Tablas 310-69 y 310-70. Cuando los soportes tipo charola estén cubiertos continuamente a lo largo de más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables monoconductores de 21,2 mm<sup>2</sup> (4 AWG) y mayores tengan más de 70% de la capacidad de conducción de corriente nominal referida en las Tablas 310-69 y 310-70.”

Por lo cual:  $200 \times 0.75 = 150A$

Por lo tanto el conductor calibre 1/0 cubre los 25 [A] que el sistema requiere y cumple con los apartados de la NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (Utilización).

## 8. Adecuaciones de los sistemas eléctricos para cuantificar la energía recibida y suministrada

Al establecer un contrato de interconexión, CFE proporcionará e instalará un medidor en el sitio de generación que permitirá registrar la energía eléctrica que ingresa a la red y otro en el sitio de consumo (los mercados).

La facturación que llevará cabo la CFE se desarrollará en tres casos, dependiendo la diferencia entre ambos registros.

- Si la diferencia es mayor que cero, significa que se consumió más energía que la que se entregó, por lo que se procederá a facturar dicha diferencia.
- Si la diferencia es igual a cero, significa que se consumió la misma cantidad de energía que la que se entregó, por lo que se procederá a facturar el mínimo establecido en la tarifa del contrato de suministro.
- Si la diferencia es menor que cero, significa que se entregó más energía que la que se consumió, por lo que se procederá por parte de CFE a:

a.- Facturar el mínimo establecido en la tarifa del contrato de suministro

b.- Guardar virtualmente la energía que quedó a favor, para regresárla automáticamente en las siguientes facturaciones en las que se presenten diferencias mayores que cero.

## 9. Conclusiones

Un elemento esencial para la adecuada utilización de la energía, consistió en seleccionar el emplazamiento ya que fue determinante la información que se obtuvo del estudio realizado por el ing. Omar Guillen Solis ganador del premio de ingeniería 2010 de la Ciudad de México, en la categoría ambiental para el sitio seleccionado. Se lograron mejores resultados si el emplazamiento del sistema eólico corresponde a un análisis riguroso de información meteorológica del lugar en estudio, para así dimensionar correctamente el equipo comercial que mejor se acomode a la necesidad de generación requerida, según se describe en el capítulo 3.

Vale la pena insistir en la necesidad de realizar una buena selección del lugar de instalación del Parque Eólico ya que esté será su lugar por los siguientes 20 años (como se menciona en el siguiente capítulo) y si el flujo eólico no se encuentre libre de obstáculos, como edificaciones o árboles de gran altura se puede tener una disminución en operación del sistema. Para el área seleccionada cabe mencionar que el desarrollo del Parque Eólico considera que el Gobierno del Distrito Federal tiene terreno de reserva ecológica que puede utilizar sin un costo por esquema de renta del terreno o por compra a 3eros, representando un beneficio al no aumentar más el costo de inversión ya que el valor es nulo.

Debido a la insuficiente capacidad de transmisión, la CRE a convocado a las llamadas temporadas abiertas para la instalación de una nueva capacidad de transmisión en los lugares que se conocen con mayor potencial eólico como lo es en el estado de Oaxaca. Sin embargo en este momento no hay capacidad de transmisión por ello no fue propuesto el emplazamiento en este estado de la República.

Fueron seleccionados los aerogeneradores de baja velocidad ya que cumplen con las características de generación con viento moderado.

## **Capítulo 3. Beneficios técnicos y económicos de la implantación del sistema propuesto**

### **1. Introducción**

A lo largo de los capítulos anteriores se han sentado las bases de la problemática actual a la que se enfrenta el sector energético por la generación de electricidad mediante combustibles fósiles principalmente. De la misma forma se ha recopilado información importante de los mercados públicos y la forma en la que se plantea un proyecto de generación de energía eólica ante CFE.

En este capítulo se hablará acerca de la generación eléctrica y ahorros del sistema eólico, criterios para la toma de decisiones, la evaluación de cada alternativa y la elección de la mejor solución.

Se determinará la evaluación de las alternativas de inversión, para que la dependencia del Gobierno del Distrito Federal encargada de la toma de decisión de realizar el proyecto, pueda elegir la viabilidad y rentabilidad del mismo.

### **2. Generación eléctrica y ahorros del sistema eólico**

Los periodos útiles de vida de los aerogeneradores, son en promedio de 20 años a partir de su instalación con un mantenimiento regular y condiciones optimas de funcionamiento. En 20 años el gasto que realizará la Dirección de Alumbrado Público por concepto de consumo de energía eléctrica de los mercados, será un valor que tenderá a aumentar con forme pase cada año. Esto es porque por año, el precio de la energía eléctrica va en incremento en un cierto porcentaje. Si tomamos como referencia los montos por facturación de los mercados en el año 2000 en comparación con el año 2011 que se muestran en la Tabla 13, se puede notar su incremento. En cuestión del consumo de energía de dichos mercados, estos no tendrían que cambiarlo a menos de que se modificara el giro de sus locales y se realizara una optimización del consumo de energía (dicha optimización no forma parte de esté estudio). Tomando en cuenta este comportamiento, se propone el uso de la Fórmula 5 de “Interés compuesto” en la que se toma en cuenta la inflación

general en México para calcular el valor estimado que tendrá el costo de la energía durante los siguientes 20 años a partir de que arranque la instalación del Parque Eólico.

**Fórmula 5 Formula de interés compuesto para determinar el costo de la energía**

**Fuente: Documento “Fórmulas mínimas” de Cristina Meghinasso, Profesora Asociada a cargo de la 1ra cátedra de Cálculo Financiero, Buenos Aires, septiembre del 2004**

$$C(n) = C * (1 + i)^n$$

C(n) = Costo en n años

C = Costo por año

i = inflación general

n = numero de años

La tabla 18 muestra el estimado de los montos que se facturarían en los 20 años a partir de la construcción y puesta en marcha del Parque Eólico. Dichos valores son obtenidos al utilizar la Fórmula 5 de “Interés compuesto” aplicada por año, iniciando con el monto facturado en 2011 de la Tabla 13.

**Tabla 18 Montos estimados de facturación en los mercados de este estudio a partir del 2013 y hasta el 2032. Fuente: Propia.**

Año	Montos facturados por año en los mercados públicos
2013	\$ 4,360,857.61
2014	\$ 4,560,148.81
2015	\$ 4,768,547.61
2016	\$ 4,986,470.23
2017	\$ 5,214,351.92

<b>2018</b>	\$ 5,452,647.80
<b>2019</b>	\$ 5,701,833.81
<b>2020</b>	\$ 5,962,407.61
<b>2021</b>	\$ 6,234,889.64
<b>2022</b>	\$ 6,519,824.10
<b>2023</b>	\$ 6,817,780.06
<b>2024</b>	\$ 7,129,352.61
<b>2025</b>	\$ 7,455,164.02
<b>2026</b>	\$ 7,795,865.02
<b>2027</b>	\$ 8,152,136.05
<b>2028</b>	\$ 8,524,688.67
<b>2029</b>	\$ 8,914,266.94
<b>2030</b>	\$ 9,321,648.94
<b>2031</b>	\$ 9,747,648.30
<b>2032</b>	\$ 10,193,115.82

Existen varios métodos para obtener el valor de la tarifa eléctrica y en general estos pueden agruparse en 2 categorías: La primera da un enfoque contable en la que la recuperación del costo de la electricidad es lo primordial mientras que la administración de la demanda no resulta importante. Para el segundo método se tiene el enfoque basado en la teoría económica en el que se da la prioridad a la utilización eficiente de los recursos, generando señales para el manejo eficiente de la demanda de la energía, sobre todo a largo plazo. La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) actualmente CONUEE, el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), el programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI) así como Comisión Federal de Electricidad (CFE) son algunos de los actores que participan en el diseño de programas para lograr un uso más eficiente de la energía en diversos sectores de nuestra sociedad. Estos actores toman en cuenta la inversión en capacidad instalada y los costos de operación con los que se puede minimizar el costo del servicio a los usuarios. Por lo tanto, la selección de tecnología de generación, la cobertura, capacidad de la red de transmisión, así como la infraestructura física y administrativa de distribución constituyen factores críticos para lograr la operación eficiente del sistema. En este caso, las tarifas eficientes

para el caso mexicano se estiman a partir del Costo Marginal de Largo Plazo, por medio de la utilización de parámetros de costos e inversión que se consideran representativos de condiciones de eficiencia. Para la determinación de las tarifas eléctricas en México, se observa que al no poder almacenar la energía eléctrica esta debe ser generada y suministrada en el mismo instante que se demanda, motivo por el cual, la determinación de las tarifas eléctricas se convierten en un ejercicio de naturaleza compleja. Debido a esto justamente, se decidió utilizar el “Interés compuesto” con respecto a la inflación promedio de los últimos años, la cual es un dato arrojado por el Banco de México con un valor de 4.57% para 2012.

### 3. Indicadores de rentabilidad económico-financiera

Para poder determinar si el proyecto es o no rentable, se realiza un análisis de sensibilidad económica que nos determinará si es posible o no introducir mejoras a las variables del proyecto, para lo que se definen los indicadores que lo demostrarán. A continuación se presentan una serie de indicadores con los que se podrá determinar la viabilidad del auto suministro de energía eléctrica por parte de los mercados de este estudio:

- TIR (Tasa Interna de Rendimiento ó Tasa Interna de Retorno)
- TREMA (Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva)
- VPN (Valor Presente Neto)
- B/C (Costo Beneficio)
- PR (Periodo de recuperación)
- AE (Anualidad Equivalente)
- TIRM (Tasa Interna de Retorno Modificada)

La Tasa Interna de Rendimiento ó Tasa Interna de Retorno (TIR), es un indicador financiero que mide el rendimiento de los fondos que se pretenden invertir en un proyecto, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial; en el cual se supone que el dinero que se deja

de pagar año con año a CFE, se reinvierte en su totalidad a fin de recuperarlo en un periodo determinado de tiempo.

La Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA) representa una medida de rentabilidad, se trata de la mínima exigida al proyecto, de tal manera que permita cumplir la totalidad de la inversión inicial, los egresos de operación y los intereses que se deberán pagar por aquella parte de la inversión financiada con capital ajeno al proyecto. Para determinar la TREMA podemos considerarla como la suma de la Tasa de inflación y una Prima por riesgo, para este proyecto se considera un valor de TREMA del 12% típico para proyectos eólicos de este tipo.

Se busca que la TIR haga igual la suma de los flujos descontados, a la inversión inicial; los criterios para decidir la aceptación o rechazo de un proyecto se muestran a continuación.

- Si la  $TIR < TREMA$ , se rechaza, ya que el proyecto genera menos beneficios que el interés pagado por la banca, ante lo cual sería más atractivo depositar el monto de los recursos disponibles en el banco o bien optar por una alternativa de inversión rentable.
- Si la  $TIR = TREMA$ , el proyecto es indiferente; de tal manera que los beneficios del proyecto sólo se igualarán a los costos, esto hace que el proyecto se vuelva viable pero no rentable.
- Si la  $TIR > TREMA$ , el proyecto se acepta, lo cual significa que el beneficio real que se obtiene con el proyecto es mayor a la tasa de interés que pagan los bancos.

El Valor presente neto (VPN) o valor actual neto (VAN) es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión, consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo que genera un proyecto comparando dicha equivalencia con el desembolso inicial.

Para su cálculo es preciso contar con una tasa de descuento o bien, con un factor de actualización al cual se le descuento el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente; y una vez aplicado a la tasa de descuento, los flujos resultantes que se traen al tiempo cero (presente) se llaman flujos descontados.

De tal modo que, el valor actual neto es precisamente el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, lo que significa comparar todas las ganancias esperadas contra los desembolsos necesarios para producir esas ganancias en el tiempo cero (presente).

Con el análisis de sensibilidad se define la aceptación o rechazo del proyecto de acuerdo con los siguientes criterios de evaluación.

- Si el  $VPN < 0$ , se rechaza el proyecto, porque esto indicaría que los costos a lo largo del proyecto son mayores que los beneficios (ingresos) del mismo.
- Si el  $VPN = 0$ , el proyecto es indiferente.
- Si el  $VPN > 0$ , se acepta el proyecto, debido a que los beneficios (ingresos) del proyecto son mayores que los costos del mismo.

El Costo Beneficio ( $B/C$ ) es un indicador que señala la utilidad que se obtendrá con el costo que representa la inversión. El resultado de la relación Costo Beneficio es un índice que representa el rendimiento obtenido por cada peso invertido.

- Si la relación  $B/C < 1$ , se rechaza el proyecto.
- Si la relación  $B/C = 1$ , la decisión de invertir es indiferente.
- Si la relación  $B/C > 1$ , se acepta el proyecto.

Lo anterior significa que cuando el índice resultante de la relación costo-beneficio sea mayor o menor a la unidad, se conocerá respectivamente la rentabilidad o pérdida que tiene un proyecto por cada peso invertido en él.

El costo-beneficio del proyecto, se obtendrá mediante la aplicación de la Fórmula 6:

**Fórmula 6 Obtención del costo-beneficio del proyecto.**

$$\text{Relación} \frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios obtenidos}}{\text{Costos incurridos}}$$

Considerando los beneficios obtenidos se toma en cuenta otro índice que es el periodo de recuperación PR, que se refiere al tiempo necesario para que los beneficios netos de un proyecto amorticen el capital invertido, su primordial utilidad es la de conocer en qué tiempo, una inversión genera los recursos suficientes para igualar el monto de la inversión inicial

Para obtener el periodo de recuperación es necesario obtener el flujo acumulado en el horizonte de planeación del proyecto, se utiliza la Fórmula 7:

**Fórmula 7 Obtención del periodo de recuperación.**

$$PR = n - 1 + \frac{(FA)_n - 1}{(F)_n}$$

Donde:

n: Año en el que cambia de signo el flujo acumulado.

(FA)<sub>n-1</sub>: Flujo neto de efectivo acumulado en el año previo a n.

(F)<sub>n</sub>: Flujo neto de efectivo en el año n.

La Anualidad Equivalente (AE) representa todos los ingresos y gastos que ocurren durante un periodo del proyecto son convertidos en una anualidad equivalente (uniforme); cuando dicha anualidad es positiva significa que los beneficios son mayores que los costos en consecuencia el proyecto analizado es aceptable.

Para la realización de estos indicadores es necesario obtener el flujo neto de efectivo, valor que se obtiene de un cálculo del resultado neto de operación de la evaluación económica, primero sin

considerar el proyecto y después otro cálculo del resultado neto de operación de la evaluación económica considerando el proyecto de autogeneración de 0.76 MW.

Calculo del resultado neto de operación de la evaluación económica sin proyecto.

Este cálculo conlleva tener en cuenta los siguientes datos:

La facturación de los 4 mercados para el 2013 y hasta 2032 que son los 20 años de vida útil del proyecto; los que obtendremos considerando una posible inflación del 4.57%, con referencia tomada del Banco de México para 2012 y la facturación de 2011 tomada de la tabla 17.

Facturación para los 4 mercados en el 2011 = \$4, 170,276.00

costo sin proyecto 2012 = (facturación para 2011) (1+0.0457)

costo sin proyecto 2012 = (\$4,170,276.00) (1+0.0457) = \$4,360,857.61

costo sin proyecto 2013 = (costo sin proyecto 2012 ) (1+0.0457)

costo sin proyecto 2013 = (\$4,360,857.61) (1+0.0457) = \$4,560,148.81

costo sin proyecto 2014 = (costo sin proyecto 2013 ) (1+0.0457)

costo sin proyecto 2014 = (\$4,560,148.81) (1+0.0457) = \$4,768,547.61

**Tabla 19 Tabla con resultados netos de operación económica sin proyecto**

Resultado neto de operación económica sin proyecto	
Año	Resultado neto
2013	\$ 4,560,148.81
2014	\$ 4,768,547.61
2015	\$ 4,986,470.23
2016	\$ 5,214,351.92
2017	\$ 5,452,647.80
2018	\$ 5,701,833.81
2019	\$ 5,962,407.61
2020	\$ 6,234,889.64

2021	\$ 6,519,824.10
2022	\$ 6,817,780.06
2023	\$ 7,129,352.61
2024	\$ 7,455,164.02
2025	\$ 7,795,865.02
2026	\$ 8,152,136.05
2027	\$ 8,524,688.67
2028	\$ 8,914,266.94
2029	\$ 9,321,648.94
2030	\$ 9,747,648.30
2031	\$ 10,193,115.82
2032	\$ 10,658,941.22

Calculo del resultado neto de operación con aerogenerador de 850 KW x 3.

Necesitamos obtener un comportamiento del factor de planta para los 20 años mencionados en la Tabla 20, partimos con un factor de planta del 25% y un factor de decaimiento por año del 0.0015.

Desarrollo:

Factor de planta para 2013 de 25% = 0.25

Tasa de decaimiento para el factor de planta = 0.0015.

Calculamos el comportamiento del factor de planta para 20 años.

Factor de planta 2014 = (factor de planta 2013) (1-0.0015)

Factor de planta 2014 = (0.25)(1-0.0015) = 0.2496

Factor de planta 2015 = (factor de planta 2014) (1-0.0015)

Factor de planta 2015 = (0.2496) (1-0.0015) = 0.2492

**Tabla 20 Factor de planta utilizado para los 20 años de duración del proyecto.**

Factor de planta para 20 años	
Año	Factor de Planta
2013	25.00%
2014	24.96%
2015	24.93%
2016	24.89%
2017	24.85%
2018	24.81%
2019	24.78%
2020	24.74%
2021	24.70%
2022	24.66%
2023	24.63%
2024	24.59%
2025	24.55%
2026	24.52%
2027	24.48%
2028	24.44%
2029	24.41%
2030	24.37%
2031	24.33%
2032	24.30%

Ahora calcularemos la generación neta en GWh mostradas en la Tabla , para esto utilizaremos los datos de la tabla anterior aparte de los siguientes datos:

Factor de planta para el año correspondiente.

$$\text{Horas de operación al año} = 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 8,760 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Potencia neta = 0.76 MW

Factor de conversión para obtener GW = 1G/1000M

Generación neta 2013 = (potencia neta) (horas operación al año) (F.P.2013) (1G/1000M)

Generación neta 2013 = (0.76MW) (8,760 h) (0.25) (1G/1000M) = GWh

Generación neta 2014 = (0.76MW) (8,760 h) (F.P.2014) (1G/1000M)

Generación neta 2014 = (0.76MW) (8,760 h) (0.2496) (1G/1000M) = 1.67GWh

**Tabla 21 Generación neta en GW aportada por los generadores para los 20 años de duración del proyecto.**

Año	Generación neta en GW
2013	1.67
2014	1.67
2015	1.66
2016	1.66
2017	1.66
2018	1.66
2019	1.65
2020	1.65
2021	1.65
2022	1.65
2023	1.64
2024	1.64
2025	1.64
2026	1.64
2027	1.63
2028	1.63

2029	1.63
2030	1.63
2031	1.62
2032	1.62

Los costos de operación y mantenimiento los determinaremos usando los valores de generación anteriores y el costo de operación y mantenimiento, consultado en la COPAR generación 2011, CFE (Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión en el sector eléctrico), además de los siguientes datos:

Tipo de cambio = \$13.00 MXN/dól

Factor de conversión = 1000 M/1G

Costo operación y mantenimiento = \$23.74 dól/MW

CostoO&M2013 = (costo O&M por MW) (generación neta 2013) (tipo de cambio)

CostoO&M2013 = (\$23.74 dól/MW) (1.6676GW) (\$13.00/dól) (1000M/1G) = \$514,662.17MXN

CostoO&M2014 = (\$23.74 dól/MW) (generación neta 2013) (\$13.00/dól) (1000M/1G)

CostoO&M2014 = (\$23.74 dól/MW) (1.6651) (\$13.00/dól) (1000M/1G) = \$513,890.18MXN

Para poder determinar el flujo neto de operación, aparte de los costos anteriormente determinados necesitamos determinar los ingresos por generación, así como los ingresos por emisiones de tCO2e/año evitadas, para estos últimos usaremos los siguientes datos:

Equivalencia de tCO2e por MWh=0.6930 (según datos presentados por la Secretaría de Energía de México "Prospectiva del sector eléctrico 2005 –2014")

Total de emisiones evitadas=(0.6930 tCO2e/MWh)(1644.78MWh/año)=1139.83 tCO2e/año

Valor de las emisiones = USD \$9.00 ("Fondo Mexicano de Carbono" FOMECAR,  
[http://www.cabio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html](http://www.cabio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html))

Con un tipo de cambio = MXN \$13.00

Ingresos emisiones evitadas = (total emisiones de tCO2/año) (valor de las emisiones) (tipo de cambio)

Ingresos emisiones evitadas = (1139.83tCO2e) (USD\$9) (MXN\$13) = MXN\$133,360.11 por año

Con la puesta en marcha del proyecto evitaremos el consumo o de energía eléctrica de la red de CFE, energía que es producida en gran medida por consumo de combustibles fósiles los cuales emiten gases de efecto invernadero como el CO2, el proyecto evitara un total de 1139.83 tCO2e/año, emisiones que se pueden vender en el mercado de bonos de carbono para poder tener otro ingreso.

Por otra parte también con la puesta en marcha del proyecto se evitara el consumo de energía eléctrica de la red de CFE y por lo tanto no se tendrá un costo por facturación por los siguientes 20 años en los mercados seleccionados, dicho costo no es más que el resultado neto de operación sin proyecto, de modo que ahora lo consideramos un ingreso para los siguientes 20 años a partir del 2013. En la

Tabla 19 se pueden observar los montos ahorrados a partir del año 2013 por concepto de pago de energía eléctrica al sistema de CFE.

Ya con los costos y los ingresos calculados se procede a calcular el resultado neto de operación con proyecto, de donde:

Resultado neto 2013 = (ingresos emisiones evitadas + ingresos generación 2013) - (costoO&M2013)

Resultado neto 2013 = (\$0.00+\$4,560,148.81) - (\$514,662.17) = \$4,045,486.64

Resultado neto 2014 = (ingresos emisiones evitadas + ingresos generación 2014) - (costoO&M2014)

Resultado neto 2014 = (\$133,360.11+\$4,768,547.61) - (\$513,890.18) = \$4,388,017.54

La

Tabla 22 se construye a partir del calculo de los ingresos totales de operación con proyecto.

**Tabla 22 Tabla con el resultado neto de operación con proyecto de Parque Eólico abasteciendo de energía a los 4 mercados seleccionados.**

Año	Resultado neto de operación con proyecto
2013	\$ 4,045,486.64
2014	\$ 4,388,017.54
2015	\$ 4,606,711.00
2016	\$ 4,835,362.37
2017	\$ 5,074,426.78
2018	\$ 5,324,380.15
2019	\$ 5,585,720.18
2020	\$ 5,858,967.28
2021	\$ 6,144,665.66
2022	\$ 6,443,384.40
2023	\$ 6,755,718.58
2024	\$ 7,082,290.49
2025	\$ 7,423,750.83
2026	\$ 7,780,780.07
2027	\$ 8,154,089.77
2028	\$ 8,544,423.98
2029	\$ 8,952,560.78
2030	\$ 9,379,313.81
2031	\$ 9,825,533.88
2032	\$ 10,292,110.68

Esquema económico para el caso con los 3 aerogeneradores de 850 KW.

En la Tabla 23 se pueden observar los costos considerados por rubro para el proyecto de construcción, puesta en marcha y mantenimiento del Parque Eólico propuesto utilizando 3 aerogeneradores de 850 kW.

**Tabla 23 En la tabla se muestran los costos que cada rubro representan en el proyecto de inversión del Parque Eólico utilizando 3 aerogeneradores de 850 kW.**

Rubro	Costo en Pesos mexicanos
<b>Aerogeneradores</b>	\$41,631,840.00
<b>Gastos de importación e impuestos</b>	\$892,110.86
<b>Transporte y seguros</b>	\$2,081,592.00
<b>Obra civil</b>	\$7,731,627.43
<b>Obra eléctrica</b>	\$7,136,886.86
<b>Interconexión</b>	\$1,613,180.77
<b>Instalaciones fijas-oficinas y otros</b>	\$1,189,481.14
<b>Sistema de control centralizado</b>	\$297,370.29
<b>Ingeniería del proyecto y administración</b>	\$2,378,962.29
<b>Costos legales</b>	\$1,189,481.14
<b>Otros gastos de administración y contables</b>	\$892,110.86
<b>Costo financiero durante la instalación</b>	\$1,486,851.43
<b>Garantías extendidas</b>	\$594,740.57
<b>Contingencias y pagos de servicios menores</b>	\$1,784,221.71
<b>Costo de terreno</b>	\$ 0
	\$70,900,457.34

Tomando en cuenta la Tabla 22 de resultados netos de operación y la Tabla 23 de inversión inicial de MXN \$70, 900,457, calculamos el flujo neto sin pagos fijos.

$$\text{Flujo neto 2013} = (\text{resultado neto 2013}) + (\text{inversión inicial})$$

Flujo neto 2013 = ( \$ 4,045,486.64) + (-\$70,900,457) = -\$66,854,971

Flujo neto 2014 = ( resultado neto 2014) + (flujo neto 2013)

Flujo neto 2014 = ( \$ 4,388,018) + (-\$66,854,971) = -\$62,466,953

Para el caso de la propuesta del proyecto Parque Eólico considerando un aerogenerador de 2.3 MW, se tiene la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**<sup>24</sup> mostrada a continuación.

**Tabla 24 En la tabla se muestran los costos que cada rubro representan en el proyecto de inversión del Parque Eólico utilizando 1 aerogenerador de 2.3 MW.**

Rubro	Costo en Pesos mexicanos
<b>Aerogeneradores</b>	\$49,000,000.00
<b>Gastos de importación e impuestos</b>	\$1,050,000.00
<b>Transporte y seguros</b>	\$2,450,000.00
<b>Obra civil</b>	\$9,100,000.00
<b>Obra eléctrica</b>	\$8,400,000.00
<b>Interconexión</b>	\$1,613,180.77
<b>Instalaciones fijas-oficinas y otros</b>	\$1,400,000.00
<b>Sistema de control centralizado</b>	\$350,000.00
<b>Ingeniería del proyecto y administración</b>	\$2,800,000.00
<b>Costos legales</b>	\$1,400,000.00
<b>Otros gastos de administración y contables</b>	\$1,050,000.00
<b>Costo financiero durante la instalación</b>	\$1,750,000.00
<b>Garantías extendidas</b>	\$700,000.00
<b>Contingencias y pagos de servicios menores</b>	\$2,100,000.00
<b>Costo de terreno</b>	\$ 0
	\$83,163,180.77

En la Tabla 25 se muestra el esquema económico planteado para el proyecto de Parque Eólico utilizando 3 aerogeneradores de 850 kW.

**Tabla 25 Esquema económico.**

Esquema Económico			
Año Base	Inversión inicial	Resultado Neto anual	Flujo neto sin pagos fijos 12%
2012	-\$70,900,457.34	\$0,0	0
2013		\$4,253,885	-\$66,646,572
2014		\$4,607,227	-\$62,039,345
2015		\$4,837,159	-\$57,202,186
2016		\$5,077,497	-\$52,124,689
2017		\$5,328,717	-\$46,795,972
2018		\$5,591,317	-\$41,204,655
2019		\$5,865,817	-\$35,338,839
2020		\$6,152,761	-\$29,186,078
2021		\$6,452,718	-\$22,733,359
2022		\$6,766,285	-\$15,967,075
2023		\$7,094,082	-\$8,872,993
2024		\$7,436,761	-\$1,436,232
2025		\$7,795,001	\$6,358,769
2026		\$8,169,516	\$14,528,285
2027		\$8,561,048	\$23,089,334
2028		\$8,970,377	\$32,059,710
2029		\$9,398,315	\$41,458,025
2030		\$9,845,713	\$51,303,738
2031		\$10,313,461	\$61,617,200
2032		\$10,802,490	\$72,419,690

Para el análisis de sensibilidad sobre los aspectos económicos tenemos:

Otro indicador de la rentabilidad del proyecto es la Tasa de Rentabilidad Mínima Aceptada ó mejor conocida como TREMA, que para este tipo de proyectos en promedio se estima de 12%. Por lo tanto, es necesario calcular un VPN (Valor Presente Neto) a partir de la devolución del valor presente de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos en la vida útil del proyecto.

Obteniendo un VPN = \$42,890,616 y para el VPN de 2012:

$$\text{VPN 2012} = \text{VPN} + \text{Inversión inicial}$$

$$\text{VPN 2012} = \$42,890,616 - \$70,900,457 = - \$28,009,841$$

El AE la calculamos relacionando el pago de un préstamo basado en anualidades y la tasa de interés constante, relacionando la TREMA del 12%, para los 20 años de vida del proyecto y el VPN 2012.

$$AE=-\$3,749,923$$

Relacionando la inversión inicial y el VPN a 20 años nos permite obtener el cociente de beneficio costo, de tal manera que:

$$B/C=\$42,890,616/\$70,900,457 = 0.604$$

La relación entre la inversión inicial y el resultado neto anual en la vida útil del proyecto, nos arroja una tasa interna de retorno para una serie de valores en efectivo (TIR).

$$TIR= 6.08\%$$

La Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM) considera en forma explícita la posibilidad de reinvertir los flujos incrementales de fondos del proyecto a una tasa igual al costo de capital de la empresa; a diferencia de la TIR que supone la reinversión de los flujos a la tasa interna de retorno del proyecto. Para la evaluación de los proyectos, si poseen una TIRM superior al costo de capital deben aceptarse, ya que añaden valor al proyecto. En otras palabras la TREMA debe ser menor que la TIRM y esta debe ser menor que la TIR.

$$TIRM=9.22\%$$

En la

Tabla 26 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 26 Evaluación económica.**

Evaluación Económica	
Trema	12.00%
VPN en 2012	-\$25,859,324
AE	-\$3,462,015
B/C	0.64
TIR	6.59%
TIRM	9.49%
PR	12.18

Utilizando la información de la

Tabla 22, se construyeron diferentes escenarios para las evaluaciones económicas y financieras de los parques eólicos con un aerogenerador de 2.3 MW y el otro con tres aerogeneradores de 850 kW. Para obtener los diferentes escenarios se consideraron los parámetros mostrados en la Tabla 27.

**Tabla 27 Parámetros considerados para la construcción de los diferentes escenarios posibles que determinaran si el proyecto es o no viable para ser implantado.**

Parámetro	Cantidad
Inversión con aerogenerador de 850KW X 3	\$ 70,900,457.34
Inversión con aerogenerador de 2.3MW X 1	\$ 83,163,180.77
Tipo de cambio MN	\$ 13.00
Año	2012
Valor Emisiones	USD 9.00
Apalancamiento Caso Base	80%

Tasa de Interés	3.50%
Número de emisiones evitadas al año	1139.83 (HC)

Para el caso de la evaluación financiera y teniendo en mente los valores de Tasa de Interés y Apalancamiento, mostrados en la Tabla 27, se pueden obtener los resultados mostrados en la Tabla 28.

**Tabla 28 Evaluación financiera.**

Evaluación Financiera	
TREMA	12.00%
VPN en	\$1,051,194
AE	\$140,733
B/C	0.22
TIR	12.73%
TIRM	12.40%
PR	9.70

Para el Parque Eólico con tres aerogeneradores de 850 kW se tiene que la

Tabla 29 muestra como se comporta la evaluación económica al modificar el porcentaje de la inversión de un menos 20% y en un menos 10%. Dicha inversión se puede ver minimizada al considerar otras alternativas para la compra del aerogenerador, el cual ocupa en promedio el 60% de la inversión total. Para el caso de la evaluación económica se considera el precio de la venta de los certificados de reducción de emisiones de carbono, colocándolos en 0.9 DLS/TN y 5 DLS/TN, la Tabla 30 se muestran los resultados obtenidos. El precio en dólares de los certificados contemplan que el tipo de cambio del dólar a pesos es de \$ 13.00 por dólar. En cuanto a la evaluación financiera se consideran diferentes valores para el apalancamiento y la tasa de interés fijada por el financiamiento de parte de la inversión del proyecto, esto se puede observar en la Tabla 31. Los

valores de apalancamiento considerados son del 100% y del 40%, así mismo se consideran Tasas de interés del 0.72% y del 12% mostradas estas últimas en la Tabla 32.

**Tabla 29 Evaluación económica para Parque Eólico con tres aerogeneradores de 850 kW, cambiando los costos en la inversión del proyecto.**

Pesos	Caso Base	Inversión	
		-20%	-10%
Trema	12.00%	12.00%	12.00%
VPN en 2012	-\$25,859,324	-\$29,941,631.92	-\$34,841,631.92
AE	-\$3,462,015	-\$4,008,549.15	-\$4,664,555.18
B/C	0.64	0.59	0.55
TIR	6.59%	5.70%	5.03%
TIRM	9.49%	9.10%	8.75%
PR	12.18	12.79	13.45

**Tabla 30 Evaluación económica para Parque Eólico con tres aerogeneradores de 850 kW, cambiando el precio de venta de los certificados por bonos de carbón.**

Pesos	Caso Base	Precio De Las Rce's Mdl	
		0.9 DLS/TN	5 DLS /TN
Trema	12.00%	12.00%	12.00%
VPN en 2012	-\$25,859,324	-\$41,557,582.45	-\$39,075,783.39
AE	-\$3,462,015	-\$5,563,678.44	-\$5,231,418.21
B/C	0.64	0.50	0.53
TIR	6.59%	4.00%	4.56%

TIRM	9.49%	8.19%	8.50%
PR	12.18	14.57	13.93

**Tabla 31 Evaluación financiera para Parque Eólico con tres aerogeneradores de 850 kW, cambiando el porcentaje de apalancamiento recibido para la inversión y con un esquema de pagos de 20 años y tasa de interés de 3.50%.**

Pesos	Caso Base	Apalancamiento	
		100%	40%
Trema	12.00%	12%	12%
VPN en 2013	\$1,051,194	\$ 285,534.12	\$ 23,959,192.80
AE	\$140,733	\$ 38,226.96	\$ 3,207,627.50
B/C	0.22	1.05	0.46
TIR	12.73%	11.37%	4.89%
TIRM	12.40%	11.52%	8.40%
PR	9.70	13.70	14.05

**Tabla 32 Evaluación financiera para Parque Eólico con tres aerogeneradores de 850 kW, cambiando la tasa de interés sobre un esquema de pagos de 20 años con un apalancamiento del 80%.**

Pesos	Caso base	Tasa de interés	
		0.72%	12.00%
Trema	12.00%	12%	12%
VPN en 2013	\$1,051,194	\$ 20,487.94	\$ 23,826,150.58
AE	\$140,733	\$ 2,742.90	\$ 3,189,815.97
B/C	0.22	0.70	0.94
TIR	12.73%	12.01%	-5.49%

TIRM	12.40%	12.01%	-3.37%
PR	9.70	10.04	52.89

Para el caso del Parque Eólico con un aerogenerador de 2.3 MW y teniendo en cuenta las mismas consideraciones que para el caso del Parque Eólico con tres aerogeneradores, se obtienen las siguientes tablas. La Tabla 33 considera un porcentaje de la inversión menor en 20% y en 10%. La Tabla 34 considera los certificados de reducción de emisiones de carbono con un precio de 0.9 DLS/TN y 5 DLS/TN. La Tabla 35 considera valores de apalancamiento del 100% y del 40%. Por último la Tabla 36 toma valores de tasas de interés del 0.72% y del 7%.

**Tabla 33 Evaluación económica para Parque Eólico con un aerogenerador de 2.3 MW, cambiando los costos en la inversión del proyecto.**

Pesos	Caso Base	Inversión	
		-20%	-10%
Trema	12.00%	12.00%	12.00%
VPN en 2012	-\$38,122,048	-\$28,322,047.84	-\$33,222,047.84
AE	-\$5,103,733	-\$3,791,721.21	-\$4,447,727.23
B/C	0.54	0.61	0.58
TIR	4.94%	6.23%	5.56%
TIRM	8.62%	9.30%	8.95%
PR	13.72	12.50	13.12

**Tabla 34 Evaluación económica para Parque Eólico con un aerogenerador de 2.3 MW, cambiando el precio de venta de los certificados por bonos de carbón.**

Pesos	Caso Base	Precio De Las Rce's Mdl	
		0.9 DLS/TN	5 DLS /TN
Trema	12.00%	12.00%	12.00%
VPN en 2012	-\$38,122,048	-\$7,346,518.47	-\$6,946,971.51

AE	-\$5,103,733	-\$983,542.93	-\$930,052.07
B/C	0.54	0.79	0.76
TIR	4.94%	7.40%	7.65%
TIRM	8.62%	8.91%	9.12%
PR	13.72	13.50	13.27

**Tabla 35 Evaluación financiera para Parque Eólico con un aerogenerador de 2.3 MW, cambiando el porcentaje de apalancamiento recibido para la inversión y con un esquema de pagos de 20 años.**

Pesos	Caso Base	Apalancamiento	
		100%	40%
Trema	12.00%	12%	12%
VPN en 2013	-\$6,557,170	\$ 1,334,049.96	\$ 22,339,608.72
AE	-\$877,866	\$ 178,600.98	\$ 2,990,799.56
B/C	0.73	0.12	1.49
TIR	7.90%	14.58%	5.66%
TIRM	9.31%	13.91%	8.72%
PR	13.07	12.39	13.53

**Tabla 36 Evaluación financiera para Parque Eólico con un aerogenerador de 2.3 MW, cambiando la tasa de interés sobre un esquema de pagos de 20 años.**

Pesos	Caso base	Tasa de interés	
		0.72%	7.00 %
Trema	12.00%	12%	12%

VPN en 2013	-\$6,557,170	\$ 1,640,072.02	\$ 18,499,704.47
AE	-\$877,866	\$ 219,570.84	\$ 2,476,717.87
B/C	0.73	0.16	1.57
TIR	7.90%	13.03%	0.27%
TIRM	9.31%	12.53%	2.42%
PR	13.07	9.23	19.76

Debido a que es posible disminuir los costos de inversión del proyecto en un 20 y en un 10 porciento, se genera un escenario más en el que se toma en cuenta la evaluación financiera con un 20 y 10 porciento menos de inversión, mostrando los resultados en la Tabla 37.

**Tabla 37 Evaluación financiera para Parque Eólico con un aerogenerador de 2.3 MW, cambiando los costos en la inversión del proyecto.**

Pesos	Caso Base	Inversión	
		-20%	-10%
Trema	12.00%	12%	12%
VPN en 2012	-\$6,557,170	\$ 476,794.13	\$ 3,516,981.86
AE	-\$877,866	\$ 63,832.62	\$ 470,849.24
B/C	0.73	0.34	0.55
TIR	7.90%	11.68%	9.72%
TIRM	9.31%	11.82%	10.60%
PR	13.07	10.35	11.69

De la misma forma que en la Tabla 37, se agrega un escenario más para la evaluación financiera del proyecto considerando un Parque Eólico con tres aerogeneradores, los resultados son mostrados en la Tabla 38.

**Tabla 38 Evaluación financiera para Parque Eólico con tres aerogeneradores de 850 kW, cambiando los costos en la inversión del proyecto.**

Pesos	Caso Base	Inversión	
		-20%	-10%
Trema	12.00%	12%	12%
VPN en 2012	\$1,051,194	\$ 6,217,259.64	\$ 3,634,226.80
AE	\$140,733	\$ 832,359.14	\$ 486,545.85
B/C	0.22	0.25	0.00
TIR	12.73%	16.76%	14.64%
TIRM	12.40%	14.28%	13.36%
PR	9.70	7.61	8.63

Para este último escenario, se puede observar que el proyecto se vuelve redituable ya que los valores de TIR y de TIRM son mayores a la Trema propuesta.

#### 4. Conclusiones

Los indicadores económicos obtenidos y analizados para poder guiar a las organizaciones que estén en la condición de la toma de una decisión para la implementación del proyecto se determina lo siguiente, basándonos en que se sabe que la tasa interna de retorno nos muestra el rendimiento de la inversión, de que el valor presente neto da una equivalencia en el tiempo de inicio de los flujos de efectivo del proyecto y la compara con el desembolso inicial. Así como a su vez el beneficio-costo de cada peso invertido se debe conocer cuánto sería lo que se ganaría, Además de que otro indicador financiero es el periodo de recuperación nos arroja el tiempo en que la inversión genera

los recursos necesarios para igualar el monto de la inversión inicial, de estos indicadores se concluye que no es conveniente un inversión económica lo que lo hace viables es una inversión financiera bajo determinados escenarios , nos dimos cuenta que los casos factibles son en los cuales se utilizan 3 aerogeneradores de 850 kW si se lograra una reducción de la inversión inicial, situación que creemos posible, ya que los costos en el mercado podrían obtenerse de alguna otra forma por ser en este caso el solicitante la entidad gubernamental o una empresa dedicada a la realización de proyectos eléctricos a la que le puedan ofertar un costo atractivo.

El primer caso con una reducción del 20% de la inversión inicial, nos arroja una tasa interna de retorno del 16.76%, con un periodo de recuperación de 7.61 años, el segundo caso con solo el 10% en reducción de la inversión inicial, nos arroja una tasa interna de retorno del 14.64 % y un periodo de recuperación de 8.63 años; podemos ver la viabilidad comparando estos datos con los obtenidos en el caso base o sea sin reducción de los costos, el cual nos arroja una tasa interna de retorno del 12.73% y un periodo de recuperación de 9.7 años.

Existe una serie de beneficios que harían atractivo el proyecto al utilizar energía limpia ya que existe una clara disminución en la generación de gases de efecto invernadero, beneficiando de manera directa al medio ambiente. En consecuencia, se genera un ahorro indirecto en gastos del sector salud por concepto de enfermedades relacionadas con las vías áreas

## Conclusiónes Generales

En la actualidad es indispensable contar con alguna alternativa a la generación de energía eléctrica en el mundo debido a los diferentes factores mencionados con anterioridad. Las tecnologías para la generación de energía eléctrica son muy variadas y pueden aprovechar desde fenómenos físicos, hasta recursos naturales empleados como combustibles. Generalmente los últimos son los que en general causan mayor contaminación y en algunos casos son los más comunes en su utilización debido al desarrollo del sector para la obtención de dichos combustibles. Los primeros suelen ser los que menor impacto ambiental aportan aunque como se ha podido observar estos impactos no solo son ambientales, también son sociales, económicos y tecnológicos. De la misma forma se ha notado que las tecnologías con menor impacto ambiental están de moda por el cuidado del medio ambiente, son también tecnologías caras ya que el sector no tiene el desarrollo necesario para su implementación. Finalmente se puede observar que no se conocen los impactos reales de dichas tecnologías teniendo demasiados supuestos alrededor de las mismas. En este caso el estudio se enfocó a la utilización de una Parque Eólico como medio de generación sustentable que evitó continuar con la dependencia al uso de petróleo, carbón, además de que contribuyen al deterioro del medio ambiente con la aportación de contaminantes.

Durante la realización del presente estudio se encontró que existe una sobre valoración de la tecnología alrededor de la generación mediante el uso de parques eólicos, debido principalmente al peso que tiene la creencia de no contaminación del medio ambiente con este tipo de tecnología. Se encontró que lo anterior también es un supuesto, debido a que los aerogeneradores no contaminan contribuyendo partículas de carbono al ambiente, pero si lo hacen en contaminación audible, envenenamiento del terreno, erosión del mismo y muerte de fauna aviar local debido a los aerogeneradores. La poca información, los supuestos alrededor de los parques eólicos provocan que socialmente este tipo de proyectos sea bien aceptados y esto lo aprovecha también el sector que suministra, vende, construye, instala y da mantenimiento a este tipo de parques, encareciendo los precios de los servicios alrededor de esta generación. En concreto, lo anterior provoca que los

precios para el mercado Mexicano sean muy caros, además de añadir la complicación de que la gran mayoría de empresas expertas en el ramo están fuera del país.

En su esencia el estudio realizado sirvió para conocer si el plantear la generación de energía renovable a través de energía eólica como medio alternativo es viable al proponer la instalación de dicho Parque Eólico para suministrar la energía que consumirían 4 mercados de la Gustavo A Madero durante los siguientes 20 años sin realizar previamente una adecuación y optimización de los sistemas y componentes eléctricos que son utilizados en los mercados propuestos. Por el lado del impacto ambiental, se entiende que al dejar de consumir energía directamente de la red eléctrica de CFE, se puede tener una disminución en las emisiones de carbono al ambiente, aunque en estricto sentido se necesitaría un estudio mayor para determinar la sustitución real de las tecnologías que si aportan contaminantes al ambiente por las propuestas por este estudio.

En cuanto a los temas relacionados con los trámites necesarios para poder iniciar un proyecto de construcción de un Parque Eólico, se encontró que CFE tiene toda una metodología para poder decidir si el proyecto propuesto es factible. Después de que CFE aprueba el proyecto, ellos se encargan de realizar el monitoreo de cuanta energía se aporta al sistema y cuanta se consume en los sitios propuestos sin intervenir en la operación del parque. En este caso al ser un proyecto para el Gobierno del Distrito Federal se tendrá la ventaja de que los costos de la inversión se podrán ver reducidos de forma significativa por tratarse de un proyecto de fin social y gubernamental.

Uno de los mayores retos al momento de realizar la investigación referente al sitio para la implantación del Parque Eólico fue la capacidad del viento en la zona, ya que se necesita un estudio demasiado detallado que garantice que el flujo del recurso eólico será el previsto para contar con un aprovechamiento del mismo. Incluso, durante la construcción de los proyectos eólicos se recomienda realizar un estudio minucioso del comportamiento del viento para garantizar su mejor utilización.

En la propuesta de instalación de los aerogeneradores en este caso las turbinas que son generadores de corriente alterna determina la utilización de los equipos que complementarán la instalación para poder entregar la energía generada, ello conlleva a determinar las características

que los conductores deberán tener como es en su aislamiento, tensión y temperatura a la cual operarán, así como dependerán del arreglo en canalización o soporte que se utilizarán para poder emplear el adecuado. La utilización de transformadores para la elevación de voltaje y la subestación están determinadas por las características que el sistema eléctrico maneja .

Finalmente se observó que para los escenarios propuestos el proyecto era atractivo por todas las situaciones sociales y de impacto ambiental, aunque no necesariamente era viable económica y financieramente; esto último sólo en algunos de los casos. Los costos tan grandes que conlleva la instalación de un Parque Eólico hacen poco viable el proyecto, pero como se logró ver en la simulación de diferentes escenarios, si se lograba reducir en un 20 % la inversión inicial el proyecto dejaba de ser solo atractivo y se volvía viable, encontrando tiempos de recuperación de la inversión de hasta 8 años.

## Índice de Tablas

TABLA 1 CAPACIDAD EÓLICA MUNDIAL INSTALADA, 2009 (MW). FUENTE: WORLD WIND ENERGY REPORT 2009, WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION .....	13
TABLA 2 CAPACIDAD GEOTÉRMICA MUNDIAL NETA INSTALADA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 2010 MW, (CIFRAS AL 30 DE ABRIL DE 2010). FUENTE: INTERNATIONAL GEOTHERMAL ASSOCIATION (IGA) .....	16
TABLA 3 PROYECTOS EÓLICOS EN MÉXICO EN OPERACIÓN.....	21
TABLA 4 PROYECTOS EÓLICOS EN MÉXICO EN DESARROLLO .....	22
TABLA 5 CONSUMOS Y COSTOS DE FACTURACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO GABRIEL HERNÁNDEZ EN EL AÑO 2000. ....	45
TABLA 6 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO GABRIEL HERNÁNDEZ EN EL AÑO 2011. ....	46
TABLA 7 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO MARTÍN CARRERA EN EL AÑO 2000.....	47
TABLA 8 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO MARTÍN CARRERA EN EL AÑO 2011.....	48
TABLA 9 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO PANAMERICANA EN EL AÑO 2000. ....	50
TABLA 10 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO PANAMERICANA EN EL AÑO 2011. ....	51
TABLA 11 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO PROGRESO NACIONAL EN EL AÑO 2000.....	53
TABLA 12 EN LA TABLA SE OBSERVA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL MERCADO PROGRESO NACIONAL EN EL AÑO 2011.....	54
TABLA 13 CONSUMOS PROMEDIO MENSUALES Y COSTOS DE FACTURADO DE LOS AÑOS 2000 Y 2011.....	55
TABLA 14 CARACTERÍSTICAS DE LOS AEROGENERADORES SELECCIONADOS.....	65
TABLA 15 DATOS DE OPERACIÓN DE LOS AEROGENERADORES PROPUESTOS.....	68
TABLA 16 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE PERMISIBLE EN 2 O 3 CONDUCTORES SENCILLOS AISLADOS DE 0 A 2000 V NOMINALES EN UN CABLE SOPORTADO POR UN MENSAJERO PARA UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 40°C, FUENTE: TABLA A-310-2 DE LA NOM-001-SEDE-2005.....	73
TABLA 17 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE PERMISIBLE DE CABLES MONOCONDUCTORES DE ALUMINIO AISLADOS MT (MV), AL AIRE, PARA UNA TEMPERATURA DE LOS CONDUCTORES DE 90 °C Y 105 °C Y TEMPERATURA DE AIRE AMBIENTE DE 40 °C FUENTE: TABLA 310-70 DE LA NOM-001-SEDE-2005.....	77

## Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RECURSO POTENCIAL EÓLICO EN MÉXICO .....	20
ILUSTRACIÓN 2 MERCADO GABRIEL HERNÁNDEZ, UBICADO EN CALLE CENTENARIO, SANTIAGO ATZACOALCO, DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, C.P. 07040 CIUDAD DE MÉXICO 2012 .....	44
ILUSTRACIÓN 3 MERCADO MARTÍN CARRERA UBICADO EN LA CALLE JOSÉ JOAQUÍN HERRERA ESQUINA CON CALLE VICENTE GUERRERO, COLONIA MARTÍN CARRERA, DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, CP 07070, CIUDAD DE MÉXICO 2012 .....	47
ILUSTRACIÓN 4 MERCADO PANAMERICANA, UBICADO EN NORTE No.9, COL. PANAMERICANA, DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, CIUDAD DE MÉXICO 2012 .....	50
ILUSTRACIÓN 5 MERCADO PROGRESO NACIONAL UBICADO EN CALLE 28 Y CALLE 12, DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO C.P. 07600 CIUDAD DE MÉXICO 2012 .....	52
ILUSTRACIÓN 6 MAPA DE MÉXICO EN EL QUE SE PUEDE APRECIAR QUE ESTADOS DE LA REPÚBLICA TIENEN MAYOR CERCANÍA CON EL DISTRITO FEDERAL (MERCADOS SELECCIONADOS) .....	58
ILUSTRACIÓN 7 DISTRIBUCIÓN DE LOS AEROGENERADORES EN EL TERRENO SELECCIONADO .....	60
ILUSTRACIÓN 8 TURBINA SIEMENS DE 2.3 MW, DESTINADO A ZONAS CON VIENTOS MEDIOS Y BAJOS, EQUIPADA CON LAS NUEVAS PALAS SIEMENS B49 DE 49 METROS DE LONGITUD Y QUE PERMITE OBTENER UNA DE LAS MEJORES EFICIENCIAS DEL MERCADO .....	64
ILUSTRACIÓN 9 TURBINA GAMESA DE 850 kW; GAMESA ES UNA EMPRESA ESPECIALIZADA EN ENERGÍA SUSTENTABLE EN EL MUNDO .....	64
ILUSTRACIÓN 10 ARREGLO TIPO CHAROLA, FUENTE: PROPIA .....	75

## Índice de Gráficas

GRÁFICA 1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CAPACIDAD EÓLICA MUNDIAL, 1996 2008. FUENTE: GLOBAL WIND 2009 REPORT, GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC) Y WORLD WIND ENERGY REPORT 2009, WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION.....	12
GRÁFICA 2 DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD EÓLICA MUNDIAL POR PAÍS, 2009 (%) 159,213 MW. FUENTE: WORLD WIND ENERGY REPORT 2009, WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION.....	14
GRÁFICA 3 ADICIONES DE NUEVA CAPACIDAD EÓLICA POR PAÍS DURANTE 2009. FUENTE: WORLD WIND ENERGY REPORT 2009, WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION.....	15
GRÁFICA 4 DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD GEOTERMOELÉCTRICA MUNDIAL POR PAÍS, 2010. CIFRAS AL 30 DE ABRIL DE 2010. FUENTE: INTERNATIONAL GEOTHERMAL ASSOCIATION (IGA).....	17
GRÁFICA 5 CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE Y COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR CAPACIDAD. FUENTE: COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA.....	25
GRÁFICA 6 CURVA DE POTENCIA PARA LA TURBINA SIEMENS SWT-2.3-101.....	67
GRÁFICA 7 CURVA DE POTENCIA PARA LA TURBINA GAMESA DE 850 kW. .....	68

## Nomenclatura

SHCP: Secretaría de Hacienda y Crédito Público

D.O.F.: Diario Oficial de la Federación

CRE: Comisión Reguladora de Energía

CFE: Comisión Federal de Electricidad

## Anexos A

### Anexo A Procedimientos de Tramitación

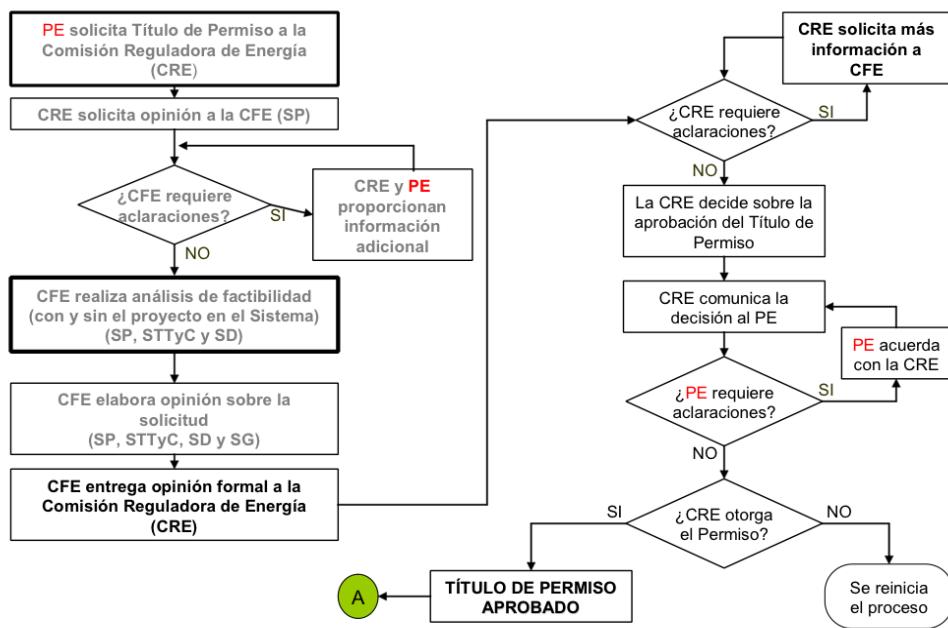


Diagrama 1. Procedimiento para solicitar el Título de Permiso ante la CRE

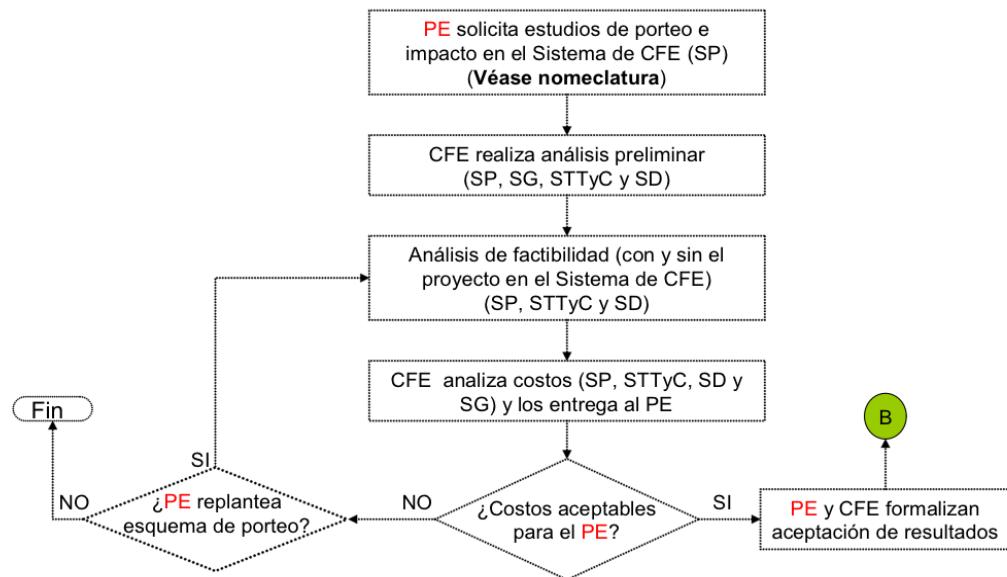


Diagrama 2. Procedimiento para solicitar el estudio del costo del servicio de Transmisión.

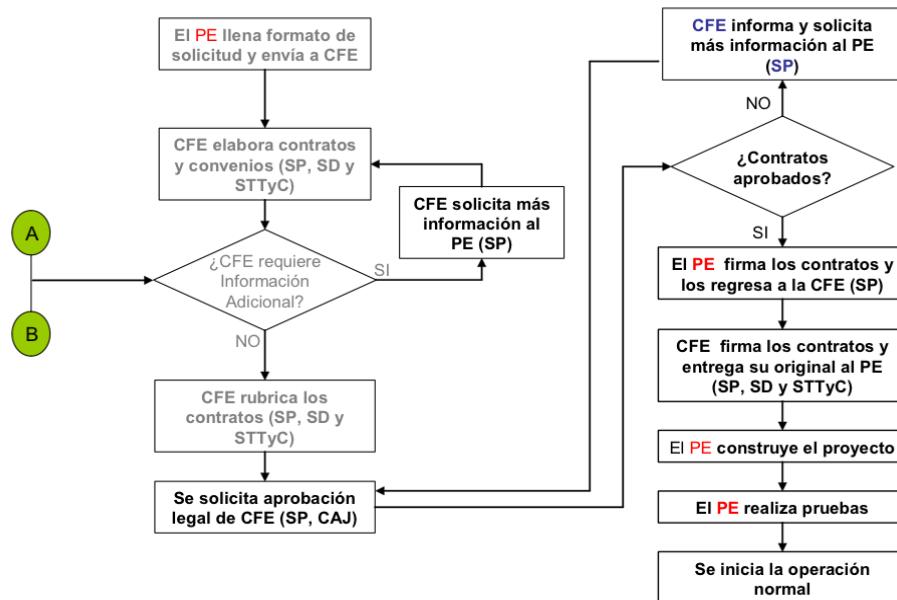
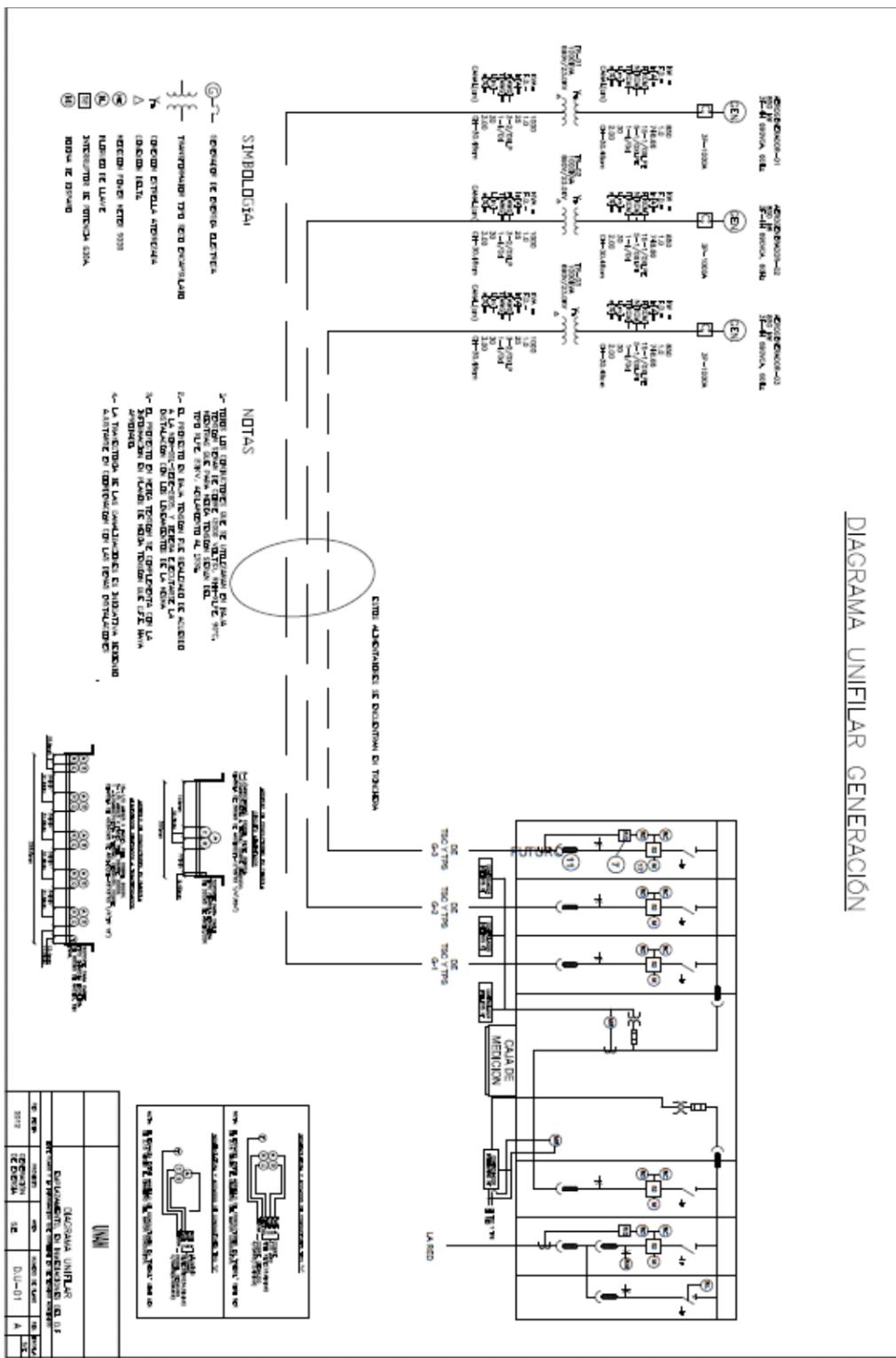


Diagrama 3. Procedimiento de elaboración del Contrato de interconexión y convenios asociados (instrumentos)

## Anexos B



## Anexos C

### 1. Contrato de interconexión para fuentes de energía renovable

Este contrato aplica para los permisionarios de generación de energía eléctrica en la modalidad de autoabastecimiento que utilizan la energía solar, eólica e hidráulica (cuando no se tiene el control sobre las extracciones de agua). En nuestro caso aplica por la modalidad de autoabastecimiento y por el hecho de utilizar energía eólica. Este contrato permite y regula la interconexión con el SEN tomando en cuenta: servicios de transmisión (factor de planta), intercambio de energía, compraventa de energía. El intercambio de energía será basado en el cargo por la energía de la tarifa correspondiente: entre periodos horarios iguales, entre periodos horarios diferentes, entre diferentes meses a lo largo de un año y pago por energía no consumida. Se acredita la potencia efectiva de generación que la central aporta al SEN. Potencia autoabastecida: es el promedio de las potencias medias en el punto de interconexión, que se hayan presentado en los 12 intervalos de medición incluidos dentro de la hora de máxima demanda para todos los días laborales del mes en cuestión. Los cargos por servicios de transmisión y conexos se les aplica el factor de planta de la central de generación. Se permite a los permisionarios que utilizan alguna fuente de energía renovable utilizar el contrato de interconexión, si entregan energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, o de entidades federativas o del gobierno federal. Este apartado nos ratifica en el uso de este contrato ya que el autoabastecimiento propuesto se destinara a cuatro mercados públicos ya mencionados anteriormente. Los permisionarios que tienen centros de consumo de tipo municipal que se interconectan con el sistema eléctrico nacional en media tensión tendrán una disminución en el cargo por el servicio de transmisión debido a que se tomará en cuenta el beneficio que estos generadores dan al sistema disminuyendo las perdidas.

## 2. Convenio de servicio de transmisión (Porteo)

Para poder determinar el servicio de transmisión, es necesario seguir “Las reglas generales de interconexión al sistema eléctrico nacional para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente”, publicadas en el diario oficial de la federación.

Dentro de dichas reglas se tienen las siguientes:

Sin excepción alguna, no se podrán conectar al Sistema las instalaciones de Generadores o Permisionarios con Fuentes de Energías Renovables o Cogeneración Eficiente, que no cuenten con su respectivo Contrato de Interconexión.

Solicitud. El Solicitante presentara al Suministrador una solicitud para interconexión al Sistema que incluya los datos principales y características del proyecto establecidas en los formatos que le proporcionara el Suministrador. En el caso de requerir los servicios de transmisión (porteo de energía a sus cargas) el martes 22 de mayo de 2012 DIARIO OFICIAL (Primera Sección)

Suministrador determinara el costo de dichos servicios de acuerdo con lo establecido en la “Metodología para la Determinación de los Cargos correspondientes a los Servicios de Transmisión que preste el Suministrador a los Permisionarios con Centrales de Energía Eléctrica con Fuente de Energía Renovable o Cogeneración Eficiente” aprobada por la Comisión y se los comunicara al Solicitante por escrito.

El Solicitante entregara la solicitud a la instancia que para tal efecto le haya comunicado el Suministrador, conforme al ANEXO C: “Conceptos de aplicación de los modelos de los contratos de interconexión y de los convenios de servicios de transmisión para Fuentes de Energías Renovables o Cogeneración Eficiente”.

El proceso completo de solicitud de interconexión se presentara en el documento interno que para el efecto publique el Suministrador que estará acorde con el Trámite Registrado ante la Comisión Federal de Mejora Regulatoria.

Estudios De Pre-Factibilidad Y Factibilidad.

Proyectos hasta 500 kW.

Con base en la solicitud, el Suministrador, a través de la Zona de Distribución que corresponda, realizará el estudio de factibilidad del proyecto.

El resultado del estudio será notificado por escrito al Solicitante, indicando los requerimientos técnicos para la interconexión al Sistema.

Proyectos que requieren hacer uso del Sistema para portear energía a sus cargas.

Previo a la solicitud formal de contrato de interconexión, se recomienda que el Solicitante gestione ante la SP, el estudio de Pre-factibilidad. Los resultados del estudio se comunicarán al Solicitante indicando las obras requeridas para realizar la interconexión al Sistema.

Es requisito indispensable que, para solicitar un Contrato de Interconexión al Sistema, obtenga ante la Comisión el permiso de generación de energía eléctrica correspondiente conforme al Art. 36 de la Ley.

El Solicitante deberá presentar la solicitud de Contrato de Interconexión al Sistema ante la SP. La SP realizará el Estudio de Factibilidad para evaluar la solicitud, y emitirá un pronunciamiento final sobre las obras requeridas.

#### Oficio Resolutivo

Con base en el estudio de Factibilidad, el Solicitante podrá solicitar al Suministrador en la División de Distribución o zona correspondiente el costo de las obras necesarias para la Interconexión.

El Suministrador comunicará mediante un Oficio Resolutivo el costo de las obras necesarias para la Interconexión, en donde se indicara cuando menos lo siguiente:

Ubicación del Punto de Interconexión. Características técnicas.

Obras necesarias, indicando el sustento técnico y sus costos correspondientes.

Programa de las obras necesarias.

Vigencia del documento.

Responsabilidad de la operación y mantenimiento de las instalaciones.

Aspectos complementarios y normatividad aplicable.

Las obras que sean necesarias realizar o las modificaciones a las instalaciones existentes para lograr la interconexión, serán a cargo del Solicitante, conforme a lo estipulado en el artículo 13 de la LSPEE y artículo 158 del RLSPEE.

En caso de que el Solicitante elija construir las obras por sus propios medios, deberá presentar la ingeniería básica al Suministrador en la División de Distribución o zona correspondiente para su autorización.

Obras necesarias para la interconexión. Construcción de obras: El Solicitante, podrá realizar por su cuenta las obras de Interconexión bajo la supervisión del Suministrador. Dichas obras solo se podrán iniciar una vez que el Suministrador haya aprobado el proyecto correspondiente. El Solicitante, podrá optar a que el Suministrador ejecute la construcción de las obras de Interconexión. Para tal efecto, deberá suscribir el convenio correspondiente. El costo asociado a dichas obras será a cargo del Solicitante. Esquema de protecciones eléctricas: El Suministrador entregara al Solicitante los requerimientos para el proyecto de protecciones eléctricas necesarias, conforme a la normatividad establecida por el Suministrador. El Solicitante, procederá a elaborar el proyecto mencionado y lo presentara para la aprobación del Suministrador. Una vez aprobado el proyecto, el Solicitante podrá iniciar el proceso de adquisición, instalación, inspección, pruebas y finalizar con la entrega de los equipos correspondientes a satisfacción del Suministrador. Equipo de medición en el Punto de interconexión y en los Puntos de carga: El Suministrador entregara al Solicitante los requerimientos para el proyecto del equipo de medición, los accesorios necesarios, en su caso, canal de comunicación para la interrogación fiscal de los medidores y caseta de medición conforme a la normatividad establecida por el Suministrador. El Solicitante procederá a elaborar el proyecto mencionado y lo presentara para la aprobación del Suministrador. Una vez aprobado el proyecto, el Solicitante podrá iniciar el proceso de adquisición, instalación, inspección, pruebas y finalizar con la entrega de los equipos correspondientes a satisfacción del Suministrador. El o los medidores deberán ser cedidos al Suministrador. Los proyectos de generación de pequeña escala quedan exentos del canal de comunicación para la interrogación remota del medidor.

Esquema de comunicación para la supervisión: El Suministrador conforme a la normatividad establecida proporcionara al Solicitante, las características y descripción de las funciones y capacidades de:

- i) un concentrador de datos o un equipo similar en funciones y capacidades,
- ii) de los canales y protocolos de comunicación,
- iii) de las interfaces para voz y datos
- iv) la base de datos de las variables eléctricas,
- v) estado de interruptores, alarmas y mediciones
- vi) y las necesarias para la supervisión de la central generadora del **Permisionario**.

El Solicitante procederá a elaborar el proyecto mencionado y lo presentara para la aprobación del Suministrador.

Una vez aprobado el proyecto, el Solicitante podrá iniciar el proceso de adquisición, instalación, inspección, pruebas y finalizar con la entrega de los equipos a satisfacción del Suministrador. El Permisionario será responsable de la operación y del mantenimiento de sus canales de comunicación. Los proyectos de generación de mediana y pequeña escala quedan exentos de este requisito. Trámite del contrato de interconexión y en su caso el convenio de servicios de transmisión. Las áreas de atención del Suministrador para el trámite del Contrato de Interconexión y en su caso el convenio de servicios de transmisión se indican en el ANEXO C. El Suministrador conforme a sus facultades, le proporcionara al Solicitante, los requerimientos técnicos, administrativos y legales para cumplir con este trámite.

## Anexos D

Conceptos de aplicación de los modelos de contratos de interconexión y de los convenios de servicios de transmisión para Fuentes de Energías Renovables o Cogeneración Eficiente

**Tabla 39 Cuando la capacidad de la fuente de energía sea menor a 500 kW, y el solicitante requiera hacer uso del sistema del suministrador para portear energía a sus cargas, se requerirá un permiso de la CRE y deberá seguir los conceptos asociados a las centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente.**

Modelo de contrato de interconexión			
<b>Concepto</b>	Para fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña escala	Para fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración En mediana Escala	Centrales de Generación de energía Eléctrica con energía Renovable o Cogeneración Eficiente
<b>Resolución de la CRE</b>	Res/054/2010	Res/054/201	Res/067/2010
<b>Tensión de suministro</b>	Menores o Iguales a 1 Kv	Mayores a 1 Kv Y Menores a 69 K	Mayores a 1 Kv Y hasta 400 Kv
<b>Capacidad de la central Generadora</b>	Serv. Uso Residencial hasta 10 KW. Serv. Uso gral. En Baja tensión Hasta 30 KW.	Hasta 500 KW	Capacidad mayor a 500 KW y en Hidroeléctricas hasta 30 MW
<b>Estudio de factibilidad</b>	Zona de Distribución	Zona de Distribución	Subdirección de Programación
<b>Determinación de los</b>	No aplica	No aplica	Subdirección de

<b>cargos</b> <b>Por servicios de transmisión</b>			Programación
<b>Oficio resolutivo</b>	Zona de Distribución	Zona de Distribución	División de Distribución
<b>Permiso de la CRE (trámites CRE-00-001,019,029,021,022,023)</b>	No aplica	No aplica	Requisito
<b>Solicitud contrato de Interconexión (trámite cfe-00-003-a)</b>	Zona de Distribución	Zona de Distribución	Subdirección de Programación
<b>Contrato de interconexión</b>	Modelo de Contrato Anexo uno de la Res/054/2010	Modelo de Contrato Anexo dos de la Res/054/2010	Modelo de contrato Anexo de la Res/067/2010
<b>Convenio de servicios de Transmisión (trámite cfe-00-003-d)</b>	No aplica	No aplica	Requisito si va a Portear, solicitar a Subdirección de Programación
<b>Elaboración del contrato De interconexión</b>	Zona de Distribución	Zona de Distribución	Subdirección de Programación
<b>Elaboración del convenio de Servicios de transmisión</b>	No aplica	No aplica	Subdirección de Programación
<b>Coordinación para la Interconexión del proyecto</b>	Zona de Distribución	Zona de Distribución	Área de control del CENACE

## Bibliografía

### 1. Referencias bibliográficas

Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025  
Dirección General de Planeación Energética  
[www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)

(Elementos de Promoción para la Energía Eólica en México, 2009, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y preparada por PA Government Services, Inc )

Energías renovables  
Jaime González Velasco  
Reverte, 2009 - 670 páginas  
[http://books.google.es/books/about/Energ%C3%ADAs\\_renewables.html?hl=es&id=bl6L8E\\_9t1kC](http://books.google.es/books/about/Energ%C3%ADAs_renewables.html?hl=es&id=bl6L8E_9t1kC)

### 2. Referencias electrónicas

SIE, Sistema de información energética, <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

-----  
Colección de Tesis digitales, CIRIA UDLAP, <http://catarina.udlap.mx>

-----  
Sener, 2010, Proyección eléctrica 2010 – 20125,  
[http://sener.gob.mx/res/1825/SECTOR\\_ELECTRICO.pdf](http://sener.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf)

---

Sener, SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA

<http://sener.gob.mx/portal/Mobil.aspx?id=850>

---

Instituto Mexicano para la Competitividad, 2008, Tarifas eléctricas en México,

[http://imco.org.mx/images/pdf/Tarifas\\_electricas\\_en\\_Mexico\\_06.pdf](http://imco.org.mx/images/pdf/Tarifas_electricas_en_Mexico_06.pdf)

---

Costo unitario de la energía eléctrica, 2008, Gobierno de Guanajuato,

[http://seip.guanajuato.gob.mx/observa/index.php?option=com\\_content&view=article&id=113:costo-unitario-de-la-energia-electrica&catid=59:mercados-de-factores-de-produccion-eficientes&Itemid=56](http://seip.guanajuato.gob.mx/observa/index.php?option=com_content&view=article&id=113:costo-unitario-de-la-energia-electrica&catid=59:mercados-de-factores-de-produccion-eficientes&Itemid=56)

---

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000400002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000400002&script=sci_arttext)

---

<http://www.energia.inf.cu/iee-mep/WWW/www.conae.gob.mx/renovables/eolica.html#Recurso>

---

Anuncia el SENER programa de energías renovables, SENER,

<http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/Mobil.aspx?id=1248>

---

ERRIE - Explorador de recursos renovables, Mapas,

<http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar/Default.aspx>

---

iie.org.mx, IIE - Instituto de Investigaciones Eléctricas,

<http://vmwl1.iie.org.mx/sitioIIE/sitio/indice.php>

---

Estudios de aire norte del país y EU, NREL - National Renewable Energy Laboratory

[http://www.nrel.gov/gis/data\\_wind.html](http://www.nrel.gov/gis/data_wind.html)

---

OLADE, Indicadores-económico-energéticos-regionales-méjico,

<http://www.olade.org/indicadores-económico-energéticos-regionales-méjico>

---

SIMAT, Monitoreo,

<http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php?opcion=4&opcionrecursostecnicos=19>

---

Energía a debate, Octubre 2010, Energía Web 40

[http://www.energiaadebate.com/Articulos/septiembre\\_2010/EnergiaWeb40.pdf](http://www.energiaadebate.com/Articulos/septiembre_2010/EnergiaWeb40.pdf)

---

Geocities, Proyecto de integración

[http://www.geocities.ws/isf\\_mx/Documentos/proyecto\\_integracion.pdf](http://www.geocities.ws/isf_mx/Documentos/proyecto_integracion.pdf)

---

Disaster Info, Evaluación de código por viento,

<http://www.disaster-info.net/PED->

[Sudamerica/leyes/leyes/mexicocaribe/mexico/otranorm/Evaluacion\\_Codigo\\_Viento\\_Mexico.pdf](http://Sudamerica/leyes/leyes/mexicocaribe/mexico/otranorm/Evaluacion_Codigo_Viento_Mexico.pdf)

---

Orden Jurídico, Normas técnicas complementarias para diseño por viento,

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Normas/DFNORM06.pdf>

---

Energía a debate, Septiembre-Octubre 2010, Proyecto de Parque Eólico para la Ciudad de México,

<http://energiaadebate.com/proyecto-de-parque-eolico-para-la-ciudad-de-mexico/>

---

Scribd, 12 agosto 2010, Estudio de potencial eólico en Nayarit,

<http://es.scribd.com/doc/36123874/Evaluacion-del-Potencial-de-Energia-Eolica-en-el-Municipio-de-Ixtlan-del-Rio-Nayarit>

---

Revista Digital Universitaria, 1 de Octubre de 2010, Planeación energética en México y sus futuros,

<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art94/art94.pdf>

---

MexicoFirstClass.com, Mapa de México por estados,

<http://www.mexicofirstclass.com/mapa-de-mexico.asp>

---

CFE, Transmisión,

<http://www.cfe.gob.mx/sustentabilidad/publicaciones/Paginas/Transmision.aspx>

---

CFEtelecom, Precios, Tarifas, Contratos y Documentos de Referencia,  
<http://www.cfetelecom.com.mx/servicios/Pages/PreciosTarifascontratosydocumentosdereferencia.aspx>

---

Energía y Tecnología Alternativa, Inauguración del Primer Aerogenerador Interconectado a la CFE en Yucatán,  
[http://www.yaaxtec.com/Productos/VerProducto/51/inauguracion\\_del\\_primer\\_aerogenerador\\_interconectado\\_a\\_la\\_cfe.html](http://www.yaaxtec.com/Productos/VerProducto/51/inauguracion_del_primer_aerogenerador_interconectado_a_la_cfe.html)

---

Desarrollo Local Sostenible, Octubre 2011, Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec, <http://www.eumed.net/rev/delos/12/ecj.html>

---

Bionero, 9 de Julio del 2011, Las implicaciones socio ambientales de la producción de energía eólica en México,  
<http://www.bionero.org/especiales/opinion/las-implicaciones-socio-ambientales-de-la-produccion-de-energia-eolica-en-mexico>

---

Ideas RSE, Responsabilidad Social y Sustentabilidad, Energías verdes: ¿Qué pasa en México?,  
[Consulta Num 1 Marzo - Abril 2012]

---

El Universal, 12 de Mayo del 2012, Generación eólica será clave para Mexico,  
[www.eluniversal.com.mx/finanzas/86277.html](http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/86277.html)

---

INEA, Noviembre 2006, Manual para el consumo responsable de materiales de oficina,  
[http://inepja.inea.gob.mx/inepja\\_verde/pdf/MANUAL\\_RECURSOSMATERIALES\\_SMA.pdf](http://inepja.inea.gob.mx/inepja_verde/pdf/MANUAL_RECURSOSMATERIALES_SMA.pdf)

---

El Universal DF, Primer mercado verde arranca en Coyoacán,  
<http://www.eluniversaldf.mx/coyoacan/nota37742.html>

---

Secretaría de Desarrollo Económico, jueves, 12 de Octubre de 2006, Programa de Regularización y Empadronamiento de Mercados,

<http://sedecodf.gob.mx/sedeco/index.php/the-community.html>

---

Vanguardia, Asela Viar/Efe-Reportajes, 15 marzo 2012, Ciudad de México lucha contra la contaminación,

<http://www.vanguardia.com.mx/ciudaddemexicoluchacontralacontaminacion-1240074.html>

---

Enciclopedia Virtual "ECOLOGÍA DEL PERÚ", Implicaciones Políticas del Desarrollo Sostenible

[http://www.peruecologico.com.pe/lib\\_c27\\_t16.htm](http://www.peruecologico.com.pe/lib_c27_t16.htm)

---

Responsable Net, 21 de septiembre de 2011, Caso de éxito en Energías Renovables de las empresas Iberdrola, Acciona, WalMart, EDF Energies Nouvelles y otras,

<http://www.responsable.net/compartir/caso-exito-energias-renewables-empresas-iberdrola-accionawalmart-edf-energies-nouvelles-o>

---

Terra .com, 15 de mayo del 2012, Invierte Soriana en energía eólica,

[http://economia.terra.com.mx/noticias/noticia.aspx?idNoticia=201205151924\\_REF\\_81206002](http://economia.terra.com.mx/noticias/noticia.aspx?idNoticia=201205151924_REF_81206002)

---

Papalote Museo del Niño, Prácticas Verdes,

<http://papalote.org.mx/practicas-verdes>

---

Expoknews, 2 de noviembre del 2011, Soriana, Bimbo, Parque Eólico, Horno Solar

<http://www.expoknews.com/2011/11/02/breves-rs-soriana-bimbo-parque-eolico-horno-solar/>

---

NoticiasNet, 27 de octubre del 2011, Anuncia Bimbo Parque Eólico para 2012,

<http://www.noticiasnet.mx/portal/principal/69939-anuncia-bimbo-parque-eolico-para-2012>

---

Parque Eólicos online, La energía eólica una realidad,

<http://www.parqueseolicosonline.com/>

---

BID, 16 de marzo del 2012, BID incrementa financiamiento para proyectos ambientales en América Latina y el Caribe,

<http://www.iadb.org/es/noticias/articulos/2012-03-16/apoyo-a-energias-renovables-en-america-latina,9861.html>

---

Estoy en Baja .com, 21 de diciembre del 2011, Negocios en México,  
<http://www.estoyenbaja.com/nDes.php?iL=4109>

---

Milenio; Sabado 2 de junio de 2012, Chiapas generará energía vía eólica,  
<http://www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/625a69992a4324d2bab7ec1f73e6893d>

---

El Informador MX, Invertirán en tres plantas de energía eólica en México  
[www.informador.com.mx/economia/2011/305314/6/invertiran-en-tres-plantas-de-energia-eolica-en-mexico.htm](http://www.informador.com.mx/economia/2011/305314/6/invertiran-en-tres-plantas-de-energia-eolica-en-mexico.htm)

---

SAGARPA, Panorama Internacional,  
<http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/panorama-internacional.html>

---

Costos Asociados a los Proyectos Seleccionados  
<http://es.scribd.com/doc/49351599/Costos-asociados-a-los-proyectos-seleccionados-CMM>

---

Generador-Eólico  
[http://es.scribd.com/zombiie\\_gore/d/57172516-Trabajo-Final-Generador-Eolico](http://es.scribd.com/zombiie_gore/d/57172516-Trabajo-Final-Generador-Eolico)

---

Jaime González Velasco, Reverte, 2009 - 670 páginas, Energías renovables,  
[http://books.google.es/books/about/Energ%C3%ADAs\\_renovables.html?hl=es&id=bl6L8E\\_9t1kC](http://books.google.es/books/about/Energ%C3%ADAs_renovables.html?hl=es&id=bl6L8E_9t1kC)

---

José María de Juana Sardón, Adolfo de Francisco García, Editorial Paraninfo, 2003 - 311 páginas,  
Energías renovables para el desarrollo,  
[http://books.google.es/books?id=NyvcConR-xoC&hl=es&source=gbs\\_similarbooks](http://books.google.es/books?id=NyvcConR-xoC&hl=es&source=gbs_similarbooks)

---

Emilio Menéndez Pérez, Los Libros de la Catarata, 01/01/1998 - 256 páginas, Las Energías  
Renovables: Un Enfoque Político-Ecológico,

[http://books.google.es/books?id=baWhCNDu\\_pQC&hl=es&source=gbs\\_similarbooks](http://books.google.es/books?id=baWhCNDu_pQC&hl=es&source=gbs_similarbooks)

---

El Universo, Domingo 08 de enero del 2012, Energía renovable cubre el 12,9% de la demanda mundial,

<http://www.eluniverso.com/2012/01/08/1/1430/energia-renewable-cubre-129-demanda-mundial.html>

---

UNESCO, La educación para el desarrollo sostenible (EDS),

<http://www.unesco.org/new/es/our-priorities/sustainable-development/>

---

Semarnat, Educación para el Desarrollo Sustentable,

[http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Documents/compromiso\\_nacional.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Documents/compromiso_nacional.pdf)

---

La Jornada, Lunes 21 de mayo de 2012, La energía renovable aumenta en el mundo,

<http://www.jornada.unam.mx/2012/05/21/opinion/016a2pol>

---

Naciones Unidas, 2012 año internacional de la Energía Sostenible para todos,

<http://www.un.org/es/events/sustainableenergyforall/>

---

Klima Politik magazine, Energía Sostenible para Todos y para México también,

[http://www.klimapolitik.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64:energia-sostenible-para-todos-y-para-mexico-tambien&catid=15:alfonsina-arriaga-jimenez&Itemid=15](http://www.klimapolitik.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=64:energia-sostenible-para-todos-y-para-mexico-tambien&catid=15:alfonsina-arriaga-jimenez&Itemid=15)

---

Walmart, 19 de Octubre de 2011, En el Día Mundial del Ahorro de Energía Walmart de México y Centroamérica anuncia ahorros significativos,

<http://www.walmartmexico.com.mx/operadoras/walmartca/2011/octubre/ahorro-de-energia.html>

---

CNNExpansión, 6 de mayo de 2010, Walmex le apuesta a la energía eólica,

<http://www.cnnexpansion.com/negocios/2010/05/06/walmex-utilizara-energia-eolica>

